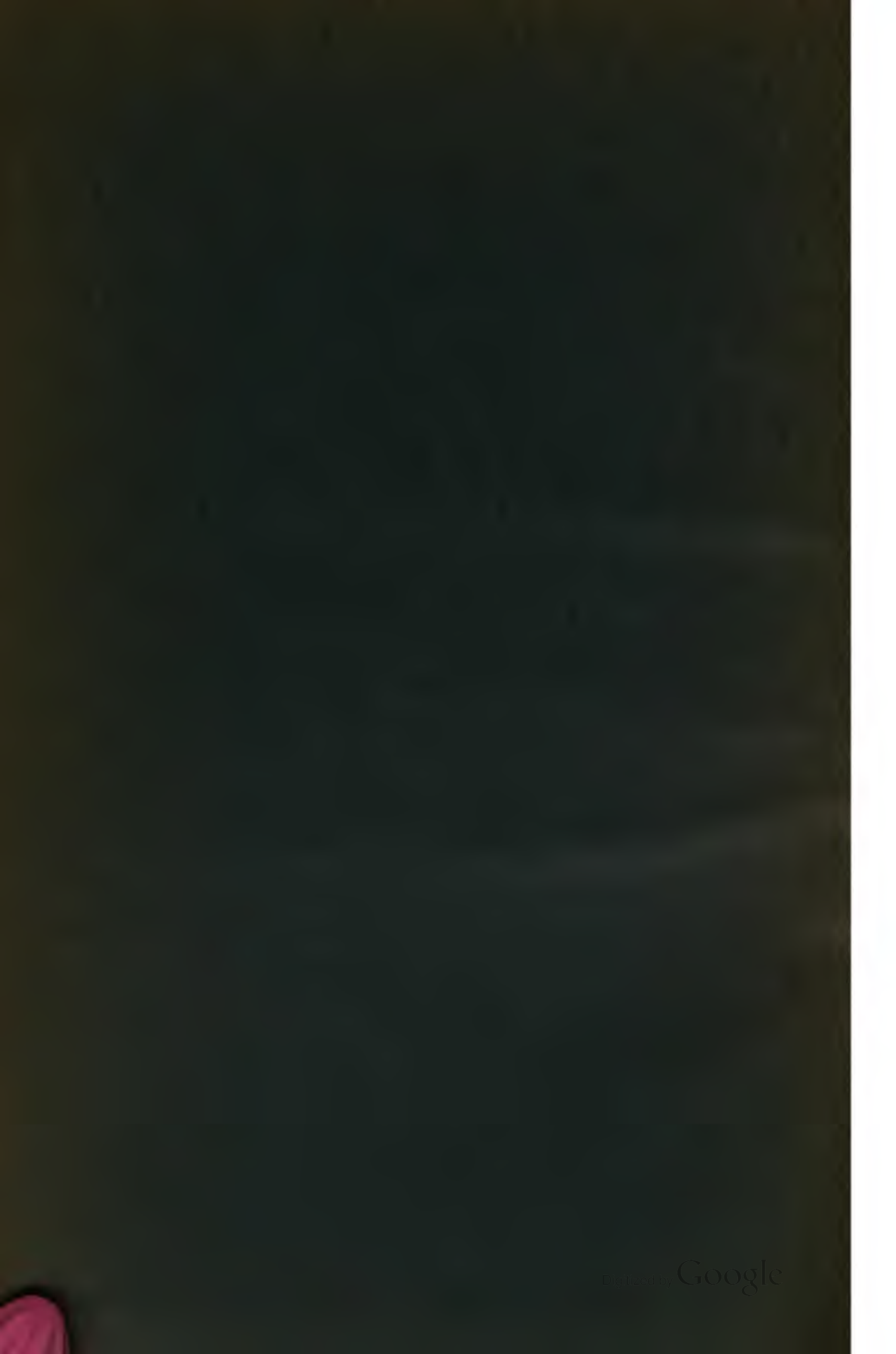






Die Fabrikation der feuerfesten Steine.

Von

Friedrich Wernicke.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1905.

Druck von Fr. Stollberg in Merseburg.

Seinem verehrten Lehrer der Eisenhüttenkunde

Herrn Geheimen Bergrat

Professor Dr. Hermann Wedding-Berlin

gewidmet



vom Verfasser.



Vorwort.

Die Herstellung der feuerfesten Steine ist einem großen Teile der Techniker, welche täglich auf ihre Benutzung angewiesen sind, wenig bekannt und daraus haben sich manche Mißstände ergeben. Dem Verfasser ist in seiner Tätigkeit als Fabrikant im Verkehr mit der Kundschaft oft angedeutet, daß eine kleinere Arbeit über die Herstellung der feuerfesten Materialien nach mancher Richtung hin aufklärend und nicht zuletzt zum Nutzen der feuerfesten Industrie selbst wirken würde. Er hat sich deshalb bemüht, in der vorliegenden Schrift, gestützt auf langjährige eigene Erfahrungen und auf die gelegentlichen Mitteilungen befreundeter Fachleute, eine kurze Darstellung der einzelnen Fabrikationszweige rein aus der Praxis heraus zu geben, und darin nur das zu schildern, was er in seiner eigenen Tätigkeit als das Beste kennen gelernt hat, bezw. was ihm von bewährten Kollegen als solches mitgeteilt ist; die angeführten Maschinenfabriken sind nur beispielsweise genannt. Theoretische Betrachtungen sind nach Möglichkeit vermieden, ebenso schien es überflüssig, die Untersuchungsmethoden der Rohmaterialien zu bringen, da diese in anderen Werken, z. B. in den Schriften von Seeger, Bischof etc. ausführlich zu finden sind. Auf die Beigabe von Abbildungen ist deshalb verzichtet, weil das Buch in erster Linie für den in der Praxis stehenden Techniker geschrieben ist, für den in den meisten Fällen die gebrachten Beschreibungen genügen werden, und der reichlich Gelegenheit hat, sich durch den Augenschein genauer zu unterrichten, als es durch Skizzen der Fall sein kann.

Der Verfasser hat sich einer möglichst sachlichen Kürze befleißigt, weil ihm bekannt ist, daß der von morgens bis abends in seinem Betriebe tätige Techniker wenig geneigt ist, sich mit dem Studium umfangreicher Bücher zu beschäftigen, und er hofft auch dadurch seiner Arbeit eine freundlichere Aufnahme zu sichern.

Allen denen, welche die Arbeit mit Rat und Tat freundlichst unterstützt haben, sei auch an dieser Stelle bestens gedankt. Ebenso wird der Verfasser für weitere Anregungen und Mitteilungen aus dem Gebiete der feuerfesten Industrie, sei es aus den Kreisen der Fabrikanten oder der Verbraucher der einzelnen Produkte, stets dankbar sein. Denjenigen, welche sich eingehender für die nachstehend beschriebenen Anlagen und Arbeitsmethoden interessieren, stellt er seinen technischen Rat zur Verfügung.

Oberkassel, Siegkreis, im April 1905.

Friedrich Wernicke,
Fabrikdirektor.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.

Alle Anlagen, welche in der Technik zum Rösten, Glühen, Brennen und Schmelzen benutzt werden, sowie die Gefäße, welche zur Aufnahme schmelzender oder geschmolzener Massen dienen, werden mit wenigen Ausnahmen unter Verwendung feuerfester Materialien hergestellt.

Die Wahl der letzteren ist in jedem Falle von der Art des vorzunehmenden Prozesses abhängig, und zwar sowohl von der dabei entwickelten Temperatur, wie von den während des Prozesses wirkenden mechanischen und chemischen Einflüssen.

Die feuerfesten Materialien kommen entweder als Gesteine in der Natur vor und brauchen dann nur noch durch äußerliche Bearbeitung in bestimmte Formen gebracht zu werden, oder sie werden künstlich aus den in der Natur vorkommenden mineralischen Rohstoffen hergestellt. Das letztere ist bei der weitaus größeren Menge der Fall und soll in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben werden.

Nach den hauptsächlich zu ihrer Herstellung benutzten Rohmaterialien teilt man die feuerfesten Steine ein in:

Quarzithaltige	=	Dinassteine,
Tonhaltige	=	Schamottesteine, Bauxitsteine und Schmelztiegel,
Magnesithaltige	=	Magnesitsteine,
Kohlenstoffhaltige	=	Kohlenstoffsteine,
Dolomithaltige	=	Dolomitsteine und -masse.

Dinassteine benutzt man zum Bau von Martinöfen und Glasöfen, an den Stellen, wo sie ohne Unterbrechung den höchsten Temperaturen ausgesetzt sind und nur in sogen. trockener Hitze mit der Flamme selbst in Berührung kommen. Sie sind gegen saure Schlacken widerstandsfähig.

Die Verwendung der Schamottesteine ist je nach ihrer Zusammensetzung eine sehr vielseitige. Man kann wohl sagen, daß



sie mit wenigen Ausnahmen überall da mit Vorteil benutzt werden, wo nicht die Anwendung von Dinassteinen geboten ist. Es ist nur in jedem Falle nötig, die Anforderungen genau zu kennen, welche an die Schamottesteine in den einzelnen Betrieben gestellt werden müssen, um danach die Herstellung der einzelnen Qualitäten vorzunehmen, und grade hierfür ist das Zusammenarbeiten des Konsumenten mit dem Produzenten, auf welches in dem Kapitel „Die Zusammensetzung der Mischungen“ näher eingegangen wird, im beiderseitigen Interesse dringend zu empfehlen.

Magnesitsteine werden schon ihrer hohen Kosten wegen nur für ganz besondere Zwecke verwendet, bei denen es darauf ankommt, ein den höchsten Temperaturen widerstehendes sehr basisches Ofenbaumaterial zu benutzen, oder wo dasselbe sehr starken Angriffen durch Alkalien ausgesetzt ist.

Kohlenstoffsteine finden eine ausgedehntere Anwendung beim Bau des Bodens, des Gestelles und der Rast von Eisenhochöfen, sowie für elektrische Schmelzöfen.

Dolomitsteine benutzt man ausschließlich im Thomasstahlwerksbetriebe, und stellt hier das Futter der Dolomitbrennöfen und der Konverter aus einzelnen Steinen oder aus Dolomitmasse her, und fertigt aus der letzteren die Konverterböden an.

Die Fabrikation der Dinassteine.

A. Die Rohmaterialien.

1. Der Quarzit.

Der Quarzit ist zwar ein sehr weit verbreitetes Mineral, doch haben sich bis jetzt nur verhältnismäßig wenige Lager als brauchbar zur Herstellung guter Dinassteine erwiesen. Das hauptsächlichste Vorkommen, welches hierfür Verwendung findet, liegt in der Rostinger Heide am Nordostabfall des Siebengebirges und im Gebiete zwischen Sieg, Rhein und Lahn, wo der Quarzit aus einer Menge einzeln liegender Brüche gefördert wird. Aber auch hier ist seine Qualität eine sehr verschiedene, und durchaus nicht alle Brüche liefern ein Material, welches den höchsten Temperaturen im Martinofen genügenden Widerstand leistet, während aus anderen Brüchen hergestellte Steine hier in kurzer Zeit wegschmelzen.

Dem steht auffallend gegenüber, daß einige Fabriken einen in der Praxis sehr gut bewährten Dinasstein aus einem Rohmaterial anfertigen, welches andere nach ihren Erfahrungen für unbrauchbar halten.

Die Frage, aus welchen Gründen sich ein Quarzit zur Herstellung bester Dinassteine brauchbar erweist, ein anderer nicht, ist bis jetzt noch nicht genügend beantwortet. Geologische Untersuchungen, Dünnschliffe, chemische Analysen und Feuerfestigkeitsbestimmungen haben noch keine ausreichende Erklärung gegeben. Die diesbezüglichen Gutachten von chemischen Laboratorien sind mit großer Vorsicht aufzunehmen, und vorläufig kann nur ein in größerem Maßstabe ausgeführter Versuch, der sich auf längere Beobachtung der fertigen Steine im Martinofen erstrecken muß, Auskunft geben, ob man einen Quarzit verwenden darf oder nicht. Die Ausführung dieser Versuche ist wieder mit großen Schwierigkeiten verbunden, denn die Hüttenwerke werden ihre teuren Martinöfen nur sehr selten zu größeren Versuchen zur Verfügung stellen,

deren Ausfall unter Umständen große Betriebsstörungen und Reparaturkosten verursacht. Versuche im kleinen mit einzelnen Steinen haben aber nur geringeren Wert.

Ein guter Quarz enthält durchschnittlich 97,5 % SiO_2, 1,5 % Al_2O_3, 0,5 % Fe_2O_3 und besitzt einen Schmelzpunkt gleich Seegerkegel 35 bis 36. Ein geringer Gehalt an $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ ist anscheinend notwendig, um daraus beste Dinassteine herstellen zu können, doch soll derselbe 2 % nicht übersteigen.

Man benutzt zur Dinasfabrikation nur den als festes Gestein, Quarzit, vorkommenden Quarz; reiner Quarzsand und Quarzkiesel haben sich als unbrauchbar erwiesen.

Ein sächsisches Werk war im Besitze eines bedeutenden, aus Sand und Kies bestehenden Quarzlagers. Die von einem Fachlaboratorium untersuchte Durchschnittsprobe des Lagers zeigte folgende Zusammensetzung:

Glühverlust	0,30 %
SiO_2	98,34 „
Al_2O_3	1,02 „
Fe_2O_3	0,02 „
Sa.:	99,68 %.

Der Schmelzpunkt lag bei Seegerkegel 35, die Probe zeigte im Feuer ein Wachsen von nur 0,9 %.

Aus diesem Rohmaterial hergestellte Dinassteine zeigten bei der Untersuchung folgende Zusammensetzung:

Glühverlust	0,18 %
SiO_2	94,83 „
Al_2O_3	2,15 „
Fe_2O_3	0,42 „
CaO	2,48 „
Sa.:	100,06 %.

Der Schmelzpunkt lag bei Seegerkegel 34; bis zum Schmelzen von Kegel 17 erhitzt, zeigten die Steine ein Wachsen von 2,2 %; das mit den Untersuchungen betraute Fachlaboratorium bezeichnete das Rohmaterial in einem ausführlichen Gutachten als vorzüglich geeignet zur Dinasfabrikation.

Der Besitzer ließ sich dadurch verleiten, die Fabrikation aufzunehmen, ohne erst Versuche in größerem Maßstabe anzustellen und die Steine in verschiedenen Betrieben von Eisenhütten und Glasfabriken in den dortigen Öfen auf ihren praktischen Wert

prüfen zu lassen. Die Verhältnisse waren anscheinend günstig, und man glaubte wegen der natürlichen Beschaffenheit des Rohmateriales maschinelle Anlagen zum Zerkleinern sparen zu können; indes zeigten sich die so hergestellten Steine zwar gut in Form und Brand, aber porös und mürbe. Nach Anschaffung der notwendigen Maschinen wurde nun die Fabrikation genau nach der im Rheinland üblichen Methode abgeändert, wodurch ein dichtes und mechanisch festes Fabrikat erzielt wurde. Die nun anscheinend brauchbaren Steine wurden dann an eine Reihe von Hüttenwerken gesandt, mit der Bitte, sie in den dortigen Öfen auf ihre Verwendbarkeit zu prüfen. Nach kurzer Zeit erfuhr man, daß die äußerlich tadellos aussehenden Steine bereits nach kurzer Zeit im Martinofen geschmolzen und deshalb unbrauchbar seien.

Da bei der Herstellung der Steine jeder Fehler ausgeschlossen war, mußten die Gründe für die schlechte Haltbarkeit der Steine im Feuer anderswo gesucht werden. Es wurden nun mit größter Sorgfalt Durchschnittsproben von dem Kieslager genommen und diese einem bisher unbeteiligten Chemiker übersandt. Die Resultate der Untersuchung waren folgende:

	Probe I	Probe II	Probe III	Probe IV
	%	%	%	%
SiO_2 . . .	97,92	97,84	97,07	96,98
Al_2O_3 . . .	0,56	0,60	0,79	1,86
Fe_2O_3 . . .	1,50	1,50	1,50	0,68
Sa.:	99,98	99,94	99,36	99,52

Die chemische Zusammensetzung des Quarzlagers war demnach eine sehr gleichmäßige. Der Schmelzpunkt von Probe IV lag zwischen Seegerkegel 35 und 36.

Die Analyse eines Steines von der letzten Fabrikation ergab folgendes Resultat:

SiO_2	93,53 %
Al_2O_3	1,53 „
Fe_2O_3	1,73 „
CaO	1,72 „
Sa.:	98,51 %.

Es wurden nun Probesteine aus gewaschenem Rohmaterial angefertigt, deren Analyse folgendes Resultat zeigte:

SiO_2	. . . . . .	95,41 %
Al_2O_3	. . . . . .	0,54 „
Fe_2O_3	. . . . . .	1,41 „
CaO	. . . . . .	2,00 „
	Sa.:	99,36 %.

Eine der besten Qualitäten von Dinassteinen des Rheinlandes zeigt folgende Zusammensetzung:

	I.	II.	III.
SiO_2 . . .	95,19 %	96,18 %	96,28 %
Al_2O_3 . .	1,47 „	1,39 „	1,00 „
Fe_2O_3 . .	1,18 „	0,68 „	1,08 „
CaO . . .	1,48 „	0,99 „	1,06 „
Sa.:	99,32 %	99,24 %	99,42 %.

Zwischen dieser und der des sächsischen Fabrikates ist kaum ein nennenswerter Unterschied zu sehen. Man sandte nun zur Kontrolle an das zuerst erwähnte Fachlaboratorium Durchschnittsproben des Rohmateriales und der Steine zur neuen Untersuchung. Die jetzt erhaltenen Resultate der Analysen deckten sich vollständig mit den von anderer Seite erhaltenen, nur gab das Fachlaboratorium zum großen Erstaunen, im Widerspruch zu seinem früheren Gutachten, die Erklärung ab: die Steine der letzten Fabrikation seien im Gefüge, gegenüber den früher angefertigten, auffallend porös, anscheinend habe sich die Qualität des Rohmateriales geändert, sei für die Fabrikation von Dinassteinen nicht brauchbar, und man werde sich dafür nach einem anderen Rohmaterial umsehen müssen.

Es ist dies ein Beweis von dem nicht immer genügenden Werte der Gutachten mehr theoretisch arbeitender Fachlaboratorien, deren Untersuchungen sich meist nur auf Versuche im Kleinen stützen können, und zeigt, wie wichtig demgegenüber erst Versuche im Großen unter den in der Praxis vorkommenden Verhältnissen sind, ehe man sich zu der Einführung einer neuen Fabrikation entschließen soll. Es ist mir auch bisher kein Fall bekannt geworden, daß Quarz in Form von Sand oder Kieseln zur Herstellung von Dinassteinen benutzt wird.

Aus dem Kreise der Kalksandsteinfabrikation gegebene Anregungen haben die Frage nahe gelegt, ob nicht überhaupt jeder reine Quarzsand mit Zusatz von Kalk zu einem guten Dinasstein

verarbeitet werden kann, und ob nicht weniger die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Rohmateriales als die richtige Verarbeitung desselben bei der Fabrikation für die Erzeugung eines guten Steines von höchster Feuerbeständigkeit ausschlaggebend ist. Rinne-Hannover veröffentlicht in No. 16 der Tonindustrie-Zeitung vom 5. Februar 1903 eine Reihe von Dünnschliffen, aus Sand und Kalk hergestellter Kalksandsteine. Unter diesen befindet sich auch der Dünnschliff eines feuerfesten Sandsteines, der durch scharfes Brennen aus einem gewöhnlichen Kalksandstein hergestellt ist. Leider fehlen Angaben über den Feuerfestigkeitsgrad dieses Steines bezw. darüber, ob und in welchen Betrieben sich derselbe bewährt hat. Auf die nach dem Patent Horak angefertigten feuerfesten Kalksandsteine wird auf S. 32 näher eingegangen werden. Andere Dünnschliffe von einer größeren Zahl von Dinassteinen bester Qualität, und meistens rheinischer Herkunft, zeigten unter dem Mikroskop vollständig miteinander übereinstimmende Bilder derart, daß die Quarzteilchen auffallend unregelmäßig und scharfkantig gesplittert waren und in einer ganz gleichmäßig verteilten Grundmasse, dem Bindemittel, eingebettet lagen. Diese Dünnschliffe zeigten jedenfalls, daß die Quarzteilchen viel unregelmäßiger und scharfkantiger zersplittert waren, wie die Sandkörner in Rinnes Dünnschliffen, woraus anzunehmen ist, daß die Quarzteile in den eigentlichen Dinassteinen eine viel innigere Verbindung mit dem Bindemittel eingehen, als in den mehr aus runden Sandkörnern bestehenden und in wohl kaum so hohen Temperaturen gebrannten Kalksandsteinen. Letztere werden, wenn sie sich auch für geringere oder mittlere Betriebstemperaturen als genügend feuerbeständig zeigen sollten, wohl kaum für die Zwecke Verwendung finden können, denen bis jetzt nur die besten Dinassteine genügen.

2. Der Kalk.

Zur Herstellung der Kalkmilch verwendet man nur einen sehr reinen und fetten Weißkalk, den man durch Brennen und Ablöschen von körnigem Kalkstein erhält, welcher einen hohen Gehalt an $CaCO_3$ besitzt und möglichst frei von MgO sein muß. Zum Garbrennen des Kalksteines ist eine Temperatur von 1000° C. nötig, weil erst in dieser die letzten Reste von CO_2 entweichen. Ein Brennen in höherer Temperatur ist nicht vorteilhaft, weil sich der Kalk danach nur langsam oder gar nicht ablöscht, besonders wenn

er SiO_2 oder Al_2O_3 enthält. Besteht der gebrannte Kalk aus möglichst reinem CaO, so bildet er, mit Wasser übergossen, unter bedeutender Wärmeentwicklung einen fetten Brei, welcher um so magerer ausfällt, je mehr der Kalk durch $MgCO_3$, Dolomit, verunreinigt ist. Ein Gehalt von 10% $MgCO_3$ soll den Kalk bereits unbrauchbar machen.

Frisch gebrannter Kalk verliert auf dem Transport und durch Lagern an der Luft an Wert, indem er Wasser und CO_2 aufnimmt und gleichzeitig zu einem feinen Pulver zerfällt. Allmählich gibt er dann das anfangs aufgenommene Wasser unter Austausch gegen CO_2 wieder ab, wodurch schließlich wieder neutrales $CaCO_3$ entsteht.

Um diese Entwertung zu verhüten, empfiehlt es sich, den Kalkstein entweder selbst in kleineren Mengen zu brennen, wozu jedes Dinaswerk leicht in der Lage ist, oder von einem nicht zu entfernt gelegenen Kalkwerke möglichst frisch gebrannten Kalk in kleineren, nur für einige Tage ausreichenden Mengen zu beziehen. Im letzteren Falle ist es vielleicht vorteilhaft, den Kalk sofort trocken abzulöschen, d. h. ihn mit der grade nötigen Wassermenge zu versetzen, welche genügt, um ihn in ein völlig trocken gelöschtes Kalkhydrat überzuführen.

Unter den günstigsten Bedingungen nimmt der gebrannte Kalk 44% Wasser auf, indes genügt diese Menge als Zusatz nicht, um ein vollständig trocken gelöschtes Hydrat zu erzeugen, weil die Wärmeentwicklung beim Ablöschen so groß ist, daß dadurch etwa $^2/_5$ der zugesetzten Wassermenge verdampfen. Man braucht deshalb einen Zusatz von 60% Wasser, um reinen Kalk vollständig in staubförmiges Hydrat überzuführen. Den so vorbereiteten Kalk kann man ohne Gefahr längere Zeit aufbewahren, besonders wenn man ihn in nasse Säcke füllt, wobei sich die Poren der letzteren vollständig verstopfen, keinen Staub durchlassen und so den Kalk vor der Aufnahme von CO_2 aus der Luft schützen.

Jedenfalls ist dieses Verfahren der Trockenlöschung richtiger, als wenn man den Kalk in Kästen oder Gruben mit einem größeren Wasserüberschuß versetzt, und ihn dann so lange lagern läßt, bis das überschüssige Wasser verdunstet ist, da hierbei stets Gefahr ist, daß schwer lösliche Kalkteilchen im Inneren der Masse ungelöscht zurückbleiben und später den damit angefertigten Dinasstein zersprengen, indem sie unter Volumvergrößerung CO_2 aufnehmen.



B. Die Anlagen und Einrichtungen für die Fabrikation.

Da die verschiedenen Fabriken feuerfester Produkte zum Teil nach verschiedenen empirisch entstandenen Methoden arbeiten, dem Fachmann ungern Zutritt zu ihren Anlagen gestatten und ihre Fabrikationsmethoden ängstlich zu bewahren suchen, ist es erst allmählich und durch den persönlichen Austausch der Erfahrungen von Fachleuten, welche auf verschiedenen Werken tätig gewesen waren, möglich gewesen, einen Überblick über die Fabrikationsweise verschiedener Werke zu erhalten. In der Fachliteratur ist bis jetzt so gut wie nichts darüber veröffentlicht.

Es hat sich dabei herausgestellt, daß die Korngröße der einzelnen Quarzteilchen nicht von der Wichtigkeit für die Qualität der Dinassteine ist, wie man auf einigen Werken annimmt, denn man findet in manchen als vorzüglich bekannten Steinen Quarzstücke bis zu Haselnußgröße, sondern daß man bei der Zerkleinerung darauf auszugehen hat, eine innige Mischung von groben, scharfkantig gesplitterten Bestandteilen, mittelgroßen Körnern und daneben einer richtigen Menge von feinem Quarzmehl zu erzeugen, welche drei Bestandteile innig miteinander und mit der Kalkmilch gemengt vollständig genügen, um einen gleichmäßig dichten und festen Stein herzustellen.

Man hat deshalb auf neueren Werken von dem Sortieren des gemahlenen Quarzes durch Siebvorrichtungen Abstand genommen und die Einrichtung der Fabrik und der Maschinenanlage dadurch bedeutend vereinfacht.

In nachfolgenden Zeilen soll deshalb zuerst eine nach modernen Anschauungen eingerichtete und rationell arbeitende Fabrik beschrieben werden, welcher eine Tagesproduktion von 20 t = 6000 t pro Jahr zugrunde gelegt ist. Andere Ausführungen sollen im Anschluß daran besprochen werden.

Das für die Anlage der Fabrik nötige Grundstück ist mit ca. 5000 qm reichlich bemessen und wird überall zum Durchschnittspreise von M. 5,00 pro qm = M. 25000 käuflich sein.

Wenn möglich, legt man die Fabrik an ein fließendes Wasser, um stets die genügende Wassermenge für eine Dampfmaschine mit Kondensation und für die Quarzwäsche zu haben und dadurch eine besondere Brunnenanlage sparen zu können.

Kann man die Fabrik gleichzeitig an einen schiffbaren Fluß legen, der mit Seehäfen in Verbindung steht, so ist die Lage derselben als besonders günstig zu betrachten.

Für die Zufuhr der Rohmaterialien und Kohlen, sowie für den Versand der Fabrikate ist ein möglichst kurzer Eisenbahnanschluß nötig. Derselbe stellt sich bei Verwendung bereits gebrauchter Schienen und Schwellen auf ca. M. 25,00 pro laufenden Meter. Ein Anschlußgeleise für M. 5000 von 200 m Länge wird in den meisten Fällen genügen.

Vorteilhaft ist es, wenn die Fabriksohle etwas höher gelegt werden kann als die Schienenoberkante des Anschlußgeleises. Wenn die Plateauebene der Eisenbahnwagen in dieselbe Höhe mit der Fabriksohle gebracht werden kann, vollzieht sich das Ein- und Ausladen der Waggons auf die leichteste, schnellste und billigste Art.

Da die Öfen wegen der dadurch beförderten schnelleren Abkühlung vorteilhaft im Freien stehen, die Fabrik nur ein Stockwerk braucht und sämtliche Räume unter einem Dach vereinigt werden können, da ferner die Gebäude, abgesehen von den hölzernen Lagerschuppen für die Kohlen und fertigen Steine und den massiver auszuführenden Räumen für Kessel- und Maschinenanlage, Bureau, Reparaturwerkstatt und der die Haupttransmission tragenden Hauptwand, verhältnismäßig leicht ausgeführt werden können, wird für sämtliche Gebäude ein Betrag von M. 25000 genügen.

Als Kraftquelle für die Arbeitsmaschinen wird je nach den Verhältnissen entweder eine elektrische Kraftanlage oder eine mit Kondensation arbeitende Dampfmaschine oder, wenn guter Anthrazit preiswert zu beschaffen ist, eine Sauggasmaschinenanlage zur Anwendung kommen. Diese Anlagen stellen sich mit den Fundamenten, sämtlichem Zubehör, Montage und der Haupttransmission auf ca. M. 32000. Dabei ist der Kraftbedarf der Arbeitsmaschinen mit 120 PS. angenommen, mit Rücksicht auf eine spätere Vergrößerung der Anlage.

Da sämtliche Teile der Arbeitsmaschinen, sowie die eisernen Formen einer starken Abnutzung unterliegen, ist die Anlage einer Reparaturwerkstatt unbedingt erforderlich. Diese muß so eingerichtet sein, daß man in der Lage ist, sämtliche im normalen Betriebe vorkommenden Reparaturen und Erneuerungen in kürzester Zeit selbst vorzunehmen. Für eine gut eingerichtete Reparaturwerkstatt, bestehend aus Schmiede und Schlosserei mit den nötigen Handwerkzeugen, Drehbank und Stoßmaschine wird der Betrag von M. 5000 vorzusehen sein.

Zum Transport der Steine aus dem Trockenraum nach den Öfen und von diesen nach den Lagerplätzen, bezw. nach dem Anschlußgeleise ist eine Geleisebahn für Handbetrieb nötig, welche sich mit den darauf laufenden Wagen für ca. M. 3000 herstellen läßt.

Die Einrichtung eines Bureaus für einen technischen Oberbeamten und einen Buchhalter kostet M. 1500.

Zur Abfuhr der Schlacken und Asche sind in der Nähe der Fabrik geeignete Lagerplätze vorzusehen.

Zum Trocknen der frisch geformten Steine benutzt man eine Darre, welche durch die Abhitze der Öfen geheizt wird und sich je nach ihrer Größe für M. 3000—4000 herstellen läßt.

Die Kosten für die Brennöfen, inkl. Kanälen und Kamin werden ungefähr M. 35000 betragen.

Hierzu kommen noch die Kosten für die einzelnen Arbeitsmaschinen, bestehend aus der Quarzwäsche, dem Steinbrecher, zwei schweren Mischkollern und den Handpressen zum Formen der Steine.

Die Quarzwäsche besteht aus einem rotierenden, liegenden Zylinder aus Kesselblech von ca. 2500 mm Länge und 1000 mm l. Weite, dessen Wände mit zahlreichen Löchern versehen sind. In der Mitte befindet sich ein Zahnkranz für den Antrieb und auf beiden Seiten desselben je ein Laufkranz aus Stahlguß, welche auf in kräftigen Bügeln gelagerten Rollen laufen. Ein- und Auswurf befinden sich an den Enden. Im Inneren des Zylinders liegt ein Rost aus Rundeisen, welcher gegen die Drehungsebene schräg gestellt ist und die zu waschenden Steine langsam nach dem Auswurf hinführt. Das Durchlaufen erfolgt in 8 Umdrehungen des Zylinders in 1,5 Minuten. Der Antrieb geschieht durch Vorgelege und Kegelräder mit einem Kraftaufwand von 2 PS. Der Zylinder liegt in einem kastenartig gemauerten, nach oben offenen Fundament bis zu $^2/_5$ im Wasser, durch seitliche Öffnungen im Fundament kann der Schlamm abgezogen werden. Das Waschwasser tritt aus einer Leitung von oben in den Kasten. Die Wäsche braucht eine Bodenfläche von $3,5 \times 2,5$ m und kostet mit Fundament und Montage ca. M. 4000.

Der Steinbrecher bricht bei einer Einwurfsöffnung von 400×250 mm in 10 Stunden 20 t Quarzit auf die Größe einer Kinderfaust. Fr. Krupp-Grusonwerk liefert die Maschine mit auswechselbaren Brechbacken und Seitenteilen aus Koquillenhartguß,

mit während des Betriebes verstellbarer Spaltweite, 2 Schwungrädern, fester und loser Riemenscheibe, Ankerbolzen und -platten und mit zur Verstärkung des Brecherbettes warm aufgezogenen schmiedeeisernen Bandagen zum Preise von M. 2600. Das Fundament kostet ca. M. 100, dazu kommen noch die Kosten für Fracht, Montage und Riemen. Der Kraftbedarf beträgt ca. 10 PS.

Am Steinbrecher werden verhältnismäßig oft größere Reparaturen nötig, welche leicht mehrere Tage in Anspruch nehmen, und es ist nicht immer möglich, Reservestücke vorrätig zu halten, z. B. wenn das Brecherbett selbst oder die darumgezogenen Bandagen springen. Deshalb ist es stets vorteilhaft, einen zweiten Steinbrecher in Reserve zu haben, der jeden Augenblick an die Quarzwäsche angeschlossen und in Betrieb genommen werden kann.

Zum Mahlen und Mischen von 20 t Quarzmischung in 10 Stunden braucht man 2 Mischkoller. Es hat sich herausgestellt, daß in den meisten Fällen zur Erzielung der richtigen Zerkleinerung und Mischung nur ganz schwere Koller mit einem Läufergewicht von je 5 t brauchbar sind und daß hierbei die Tagesleistung eines Kollers das Quantum von 10 t fertiger Mischung wenig übersteigt.

Der Koller besitzt Läufer von 1,5 m Φ und 400 mm Breite. Die Läuferringe sind auswechselbar, mit Keilen aus Buchenholz aufgekeilt und bestehen aus Stahlguß, welcher sich zum Zerkleinern der härtesten Materialien am besten bewährt hat. Die Kurbelachse und die Königswelle bestehen aus Siemens-Martinstahl. An den Enden der Kurbelachsen sind eingedrehte, zweiteilige Nabenstücke angebracht, welche ein eigenmächtiges Loslösen der Läufer von der Achse verhindern. Um den Verschleiß der Nabenstücke und der Grundbüchse zu vermindern, sind dieselben mit Pfannen aus Stahl und Phosphorbronze versehen. Alle bewegten Teile sind leicht zugänglich und mit reichlichen Schmiervorrichtungen versehen. Der Antrieb der Läufer erfolgt von oben durch Riemenscheiben und konische Zahnräder. Die Bodenplatten bestehen ebenfalls aus Stahlguß und sind auswechselbar. Der Rand der gußeisernen Schüssel ist 200 mm hoch. Die Mischung von Quarz und Kalkmilch wird durch ein kräftig gebautes Scharrwerk unterstützt, dessen Flügel so gestellt sind, daß die Mischung immer wieder unter die Läufer geführt wird. An einer Stelle des Schüsselrandes befindet sich eine durch einen Schieber verschließbare Öffnung, durch welche die fertige Mischung aus der Schüssel herausgestrichen wird. Zu diesem

Zweck sitzt am Königsstock ein Ausstreicher, der gehoben und gesenkt werden kann, und im letzteren Falle die Mischung aus der Schüssel entfernt.

Man beobachtet, daß das Rohmaterial beim Mischen die Neigung hat, an der Grundbüchse der Königswelle in die Höhe zu klettern, wobei leicht feine Quarzteile in das Grundlager gelangen und dieses schnell zerstören. Deshalb schützt man diese Teile durch eine zylindrische Manschette aus Blech, welche leicht erneuert werden kann. Ebenso ist es nötig, den inneren Schüsselrand durch einen Blechmantel gegen die starke Abnutzung zu schützen.

Die Koller machen in der Minute 15 Umdrehungen mit einem Kraftverbrauch von je ca. 25 P.S.

Fr. Krupp-Grusonwerk hat sich stets als eine der leistungsfähigsten Firmen für den Bezug der obigen Koller erwiesen. Zwei der vorstehend beschriebenen Mischkoller kosten dort mit Ankerbolzen und -platten M. 13250, die Fundamente stellen sich auf ca. M. 750, wozu noch die Kosten für Fracht, Montage und Riemen kommen.

Die Maschinenbau-Gesellschaft Humboldt, Kalk b. Köln baut ebenfalls bewährte Koller mit unterem Antriebe. In diesem Falle befindet sich der Antrieb im Fundament unter der Schüssel, die Riemenscheiben liegen an der einen Seite. Rechts und links davon befinden sich kräftig konstruierte Ständer, welche die Kurbelachse tragen, deren Endlager so angeordnet sind, daß sich die Achse nach oben bewegen kann. Die Läufer sind mit Büchsen so auf der Achse befestigt, daß sie sich stets auf derselben Stelle bewegen und sich leicht um die Achse drehen können. Sie ruhen auf den Läuferplatten, und ihre Bewegung findet durch die Drehung der Schüssel statt. Diese Koller erfordern, weil die schweren Läufer nicht direkt bewegt werden, einen geringeren Kraftverbrauch von nur etwa 15 PS.; sämtliche Teile sind leicht zugänglich, und bei einem etwaigen Bruch der Zahnräder sind die Arbeiter nicht Beschädigungen durch herabfallende Stücke ausgesetzt. Zwei dieser Mischkoller kosten ca. M. 20000.

Als Formmaschinen für rechtwinklige Formate liefert L. Soest & Co., Düsseldorf-Reisholz Handpressen nach einem bewährten System zum Preise von M. 210. Eine Presse liefert pro Tag 1500 Steine = 5400 kg in Normalformat, demnach genügen

4 Pressen zum Preise von M. 840 für die Tagesleistung der Formerei von 20 t.

Die Öfen sind für ein Ausbringen von 100 t pro Brand berechnet; ein Brand dauert ca. 20 Tage, das ergibt pro Jahr 15 Brände mit einer Gesamtleistung von 1500 t Ausbringen. Demnach müssen für eine Jahresproduktion von 6000 t vier Öfen vorhanden sein, von denen jeder ca. M. 5000 kostet. Die Ofenanlage mit Kanal und Kamin von 40 m Höhe und 1,4 m oberer lichter Weite stellt sich demnach auf ca. M. 30000.

Zum Brennen von Dinassteinen eignen sich am besten Rundöfen mit einem Inhalt von 80 bis 100 t und mit Halbgasfeuerung, wie sie sich auch zum Brennen von Schamottesteinen eignen. Man kann diese Öfen so konstruieren, daß man entweder mit einem Ofen allein arbeitet und seine Abhitze nur noch in einer Trockendarre ausnutzt, oder ihn direkt mit dem Kamin verbindet, oder man verbindet mehrere Öfen zu einem kontinuierlich arbeitenden System. Im letzteren Falle führt man die Feuergase des einen Ofens durch einen Sammelkanal nach dem nächstfolgenden, benutzt ihre Hitze hier zum Vorwärmen des Einsatzes, indem man sie in geeigneter Weise in den Ofen leitet und denselben von ihnen durchziehen läßt, worauf man sie wieder durch einen Sammelkanal entweder, wenn sie noch genügende Wärme besitzen, nach einem dritten Ofen zu demselben Zweck hinführt oder sie nach dem Kamin ableitet. Besonders beim Brennen von Schamottesteinen, wo man den Öfen auch in der Abkühlungsperiode Wärme entziehen kann, ist man so in der Lage, die Feuergase bis aufs Äußerste auszunützen und dadurch mit einem möglichst geringen Kohlenverbrauch zu arbeiten. Da so konstruierte Öfen in gleicher Weise zum Brennen von Dinas- oder Schamottesteinen benutzt werden, findet man ihre Beschreibung bereits in folgendem.

Ein für ein Ausbringen von 100 t berechneter Rundofen hat einen inneren Durchmesser von 5,5 m; über dem zylindrischen 3,1 m hohen Mauerwerk erhebt sich die Kuppel bis zur Gesamthöhe von 4,8 m. Die dem Ofeninneren zugewendete Seite besteht aus feuerfesten Steinen, welche nach außen durch gewöhnliches Mauerwerk bekleidet sind. Das Ganze wird durch kräftige Bandagen zusammengehalten. Das Ofeninnere ist durch eine 900 mm breite und 1,7 m hohe Tür zugänglich. 8 Feuerungen sind in gleichmäßigen Abständen voneinander in der Ofenwand verteilt. Die

Feuergase treten in 1,4 m Höhe in das Innere, durchziehen den Einsatz von oben nach unten, wobei sie sich gleichmäßig in dem Inneren des Ofens ausbreiten, und werden in der Sohle desselben durch ein System von Schlitzen nach dem Hauptabzugskanal geführt, welcher sie je nach der Schieberstellung entweder nach dem folgenden Ofen oder nach dem Kaminkanal leitet. Der Hauptabzugskanal hat eine Höhe von 800 mm und eine Breite von 400 mm im Lichten und ist durch außerhalb des Ofens angeordnete Einsteigeöffnungen zugänglich. Er beginnt vor der Innenwand des Ofens, zieht sich in gerader Linie unter der Sohle mitten durch den Ofen und tritt auf der anderen Seite ins Freie. Der darüber liegende Teil der Ofensohle ist festgemauert. Auf beiden Seiten des Abzugkanales, rechtwinklig zu diesem, liegt in der Sohle ein System von in gleichem Abstand nebeneinander liegenden gemauerten Schlitzen, welche an der Innenwand des Ofens beginnend, nach oben offen, bis nach dem Abzugskanal verlaufen und in die Seitenwände desselben einmünden. Die ganze, nicht von der festen Decke des Abzugskanales gebildete Ofensohle wird nun aus lose eingelegten Normalsteinen gebildet, welche dauernd liegen bleiben. Diese Steine werden auf die hohe Kante gelegt, rechtwinklig zu den darunter liegenden Schlitzen, welche jedesmal durch einen ganzen Stein überdeckt werden, die Kopfseiten dicht zusammenstoßend, während zwischen den einzelnen Längsreihen ein Zwischenraum frei bleibt. Die Oberfläche der so hergestellten Ofensohle liegt nun mit der Hüttensohle in einer Ebene und bildet ein gleichmäßig verteiltes Netz, durch welches die Feuergase in an allen Stellen des Ofens gleichmäßiger Weise nach unten abgesogen und durch die Schlitze nach dem Abzugskanal geführt werden. Ist es mit Rücksicht auf größere Stücke des Einsatzes nötig, an einzelnen Stellen der Sohle stärkeren Zug zu haben, so legt man hier die Steinreihen etwas weiter auseinander, bezw. umgekehrt.

Um die Feuerschlitze von hineingefallenem Sand und Steinstücken zu reinigen, ist es nur nötig, die darüber liegenden Steine fortzunehmen, und man kann die Reinigung dann mit einer entsprechend geformten Schaufel leicht vornehmen, ohne daß dabei Verunreinigungen in den Hauptkanal fallen. Die so hergestellte Ofensohle ist sehr haltbar; kleine Beschädigungen können sofort ohne jede Maurerarbeit durch Einlegen neuer Steine ausgebessert werden.

Der Hauptabzugskanal geht auf dem kürzesten Wege nach den nächsten Öfen, auf dem halben Wege zweigt sich ein nach dem Kaminkanale führender Stutzen ab. Vor dem Ofen sowie vor dem Zweigkanale befindet sich ein Schieber, so daß jeder einzelne Ofen entweder mit dem folgenden Ofen oder mit dem Kaminkanal verbunden werden kann. Beim Eintritt in das Fundamentmauerwerk des Ofens gabelt sich der Kanal, den man jetzt als Zuführungskanal der Feuergase des vorhergehenden Ofens bezeichnen muß, und läuft nun ringförmig nach rechts und links unter den 4 Feuerungen jeder Ofenhälfte entlang. Der Ring ist kein geschlossener, weil die beiden Hälften jedesmal unter der vierten Feuerung endigen und der Hauptabzugskanal des Ofens zwischen den Enden nach außen herausgeführt wird. Die Folge davon ist, daß sämtliche Kanäle nicht tief zu liegen kommen, wodurch sich die Baukosten verringern, da an Ausschachtungsarbeiten und Mauerwerk gespart wird.

Jede Feuerung ist durch einen kurzen, aufsteigenden Kanal derart mit dem darunter liegenden Zuführungskanal verbunden, daß die Heizgase aus diesem oberhalb der Kohlenschicht in die Feuerung eintreten können. Eine Verunreinigung des Zuführungskanales durch hineinfallende Kohlen oder Asche ist dadurch vermieden. Auf diese Weise tritt die Abhitze des einen Ofens während der Vorwärmperiode genau in der gleichen Weise wie die Feuergase selbst in das Innere des zweiten Ofens, wärmt hier den Einsatz vor und wird dann in der bereits beschriebenen Weise weitergeführt.

Dem gargebrannten Dinasofen darf man während der Abkühlungsperiode keine Wärme entziehen; beim Brennen von Schamottesteinen, welche eine schnellere Abkühlung vertragen, ist man mit der beschriebenen Einrichtung imstande, auch dem abkühlenden Ofen Wärme zu entziehen. Die diesem entnommene heiße Luft wird durch den Hauptabzugskanal dem nächsten Ofen zugeführt, tritt in den Feuerungen zu den verbrennenden Kohlengasen und erzeugt hier eine vollkommenere Verbrennung derselben mit Verminderung des Rauches, Erhöhung der Brenntemperatur und Erniedrigung des Kohlenverbrauches.

Man ist so in der Lage, besonders für die Schamottesteinfabrikation, mit einer beschränkten Ofenzahl einen kontinuierlich arbeitenden Betrieb einzurichten und so die Vorzüge der einzeln

stehenden Öfen mit direkter Feuerung mit denen eines teureren Kammerringofens miteinander zu vereinigen.

Für die Grundstücke und Gebäude ist eine jährliche Abschreibung von 2%, für das Anschlußgeleise, die Kraftmaschinenanlage und die Trockendarre von 5%, für Bureaueinrichtung, Werkstatteinrichtung, Fabrikgeleise, Maschinen und Öfen eine solche von 10% vorzusehen. Diese Abschreibungen müssen stets vom Neuwert der einzelnen Objekte gemacht werden, während es falsch ist, wie es gelegentlich geschieht, nach dem ersten Jahre die Abschreibungen von den Neuwerten vorzunehmen, dagegen nach dem folgenden Jahre obige Prozente von den Buchwerten des vorhergehenden Jahres zu kürzen usf., weil dadurch die wirkliche Amortisationsdauer bedeutend verlängert wird. Z. B. wird ein Kapital von M. 1000, das mit 10% amortisiert werden soll, nach der letzteren Methode abgeschrieben, nach 10 Jahren noch mit M. 351 zu Buch stehen, und die Bilanzen werden auf diese Art günstig beeinflußt, aber in Wirklichkeit falsch sein.

Ferner ist für die Unterhaltung und Reparatur an Arbeitsmaschinen und Öfen sowie an den Transporteinrichtungen ein jährlicher Satz von 10% ihres Neuwertes in Rechnung zu setzen.

Das Anlagekapital für die Fabrikanlagen setzt sich nach Vorstehendem in folgender Weise zusammen:

Grundstück	M.	25000
Gebäude	„	25000
Anschlußgeleise	„	5000
Kraftmaschine	„	32000
Trockendarre	„	4000
Arbeitsmaschinen	„	30240
Öfen	„	30000
Transporteinrichtungen	„	3000
Reparaturwerkstatt	„	5000
Bureaueinrichtung	„	1500
Sa.:	M.	160740.

Da vorstehende Einzelwerte im allgemeinen reichlich hoch bewertet sind, werden die Gesamtkosten einer solchen Anlage unter reichlicher Berücksichtigung des Kontos für Unvorhergesehenes den Betrag von M. 175000 nicht übersteigen.

Eine so eingerichtete Fabrik hat den Vorteil, daß sie einheitlich angelegt und deshalb leicht übersehen werden kann. Sie

kann mit der geringsten Arbeiterzahl arbeiten, sämtliche Arbeiten vollziehen sich auf einer Ebene und auf den kürzesten Wegen, wobei das Hin- und Hertransportieren der Materialien durch mehrere Stockwerke vermieden wird. Die Produkte werden nur so viel als grade nötig ist berührt und bewegt, und Verluste dadurch nach Möglichkeit eingeschränkt. Bei richtiger Disposition kann man die Anlage und damit die Produktion beliebig vergrößern, und schließlich findet die gesamte Fabrikation vollständig von anderen, z. B. von der Schamottesteinfabrikation, getrennt statt, was sehr wichtig ist, weil jede Verunreinigung der zur Dinasfabrikation bestimmten Einrichtungen durch Ton etc. aufs peinlichste vermieden werden muß.

Die Generalunkosten für eine solche Anlage setzen sich ungefähr folgendermaßen zusammen:

5 % Kapitalzinsen von M. 175000	M. 8750
Abschreibungen wie vorstehend	„ 10124
Reparaturen und Unterhaltung der Kraftmaschine 5 %	„ 1600
Reparaturen und Unterhaltung der Arbeitsmaschinen und Transportmittel 10 % . . .	„ 3824
Reparaturen und Unterhaltung der Öfen 5 % .	„ 1500
Betriebsmaterialien und Beleuchtung	„ 2000
Bureauunkosten, Reisespesen und Provisionen .	„ 4000
Kassenbeiträge	„ 1000
Feuerversicherung	„ 1000
Steuern	„ 300
Sa.:	M. 34098.

Bei einer Jahresproduktion von 6000 t stellen sich demnach die Generalunkosten pro Tonne auf M. 5,683, wozu noch die Ausgaben für Beamtengehälter, Löhne, Rohmaterialien und Brennmaterialien kommen, aus denen sich dann die Summe der Selbstkosten pro Tonne ergibt.

Die nach neueren Anschauungen gebauten Dinaswerke sind in der beschriebenen Weise eingerichtet. Auf älteren Fabriken hat man noch an der Ansicht festgehalten, daß es nötig ist, den zerkleinerten Quarzit vor der Verarbeitung nach der Korngröße zu sortieren und dann bestimmte Mengen verschiedener Korngrößen für die Mischungen zu vereinigen. In diesem Falle wird der Quarz erst in einer Waschtrommel gewaschen, durch den Steinbrecher auf

ca. 50 mm große Stücke vorgebrochen und dann durch ein Walzwerk in 5 bis 8 mm große Körner zerquetscht. Ein Elevator hebt nun das Material in ein Siebwerk mit doppeltem Mantel, welches das feine Korn absiebt, dagegen die Körner von 5 mm und mehr Größe zu einem Koller hinführt, durch den sie weiter vermahlen werden. Von da aus wird das Mahlgut durch einen Elevator in ein anderes Siebwerk mit einfachem Mantel gehoben, aus welchem das feine Material in einen darunter befindlichen Sammelkasten fällt, das gröbere von mehr als 2 mm Korngröße nach dem Koller zurückgeleitet wird. Bestimmte Mengen des Mahlgutes vom ersten und zweiten Siebwerke werden dann miteinander vereinigt, auf einer sauberen Unterlage mit der Kalkmilch versetzt, alles wird gut durcheinandergeschaufelt und dann das Gemenge unter einem Mischkoller so lange bearbeitet, bis die Masse handgerecht zum Formen geworden ist, was ca. 10 Minuten dauert.

Die Maschinenanlage besteht in diesem Falle außer der bereits beschriebenen Quarzwäsche und dem Steinbrecher aus einem Walzwerk von 400 mm Walzendurchmesser und ca. 260 mm nutzbarer Walzenlänge. Die Mäntel der Walzen sind so konstruiert, daß der eine auf jeder Seite ca. 50 mm länger ist als der andere und an den Enden einen ca. 50 mm hohen ringförmigen Vorsprung trägt, wodurch auch bei fortschreitender Abnutzung der Mäntel eine nach den Seiten stets abgeschlossene Öffnung zwischen den Walzen gebildet wird und das zu mahlende Material nicht an den Seiten heraustreten kann. Durch Stellschrauben können die Walzen entsprechend der Abnutzung der Mäntel einander genähert werden, ebenso ist die eine mit Puffern gelagert, damit sie ausweichen kann, wenn zu große Stücke zwischen die Walzen gelangen, durch die sonst leicht Brüche entstehen würden. Das Walzwerk zerkleinert bei einem Kraftverbrauch von ca. 15 PS. und 40 Umdrehungen in der Minute stündlich ca. 1000 kg Quarz. Es braucht einen Platz von $2{,}7 \times 2{,}1$ m und kostet inkl. Fundament ca. M. 2400. Vorteilhaft läßt man den Quarz vom Steinbrecher auf ein Schüttelwerk fallen und so dem Walzwerk ununterbrochen zuführen.

Für die Elevatoren, welche vom Walzwerk und Koller zu den Siebwerken führen, wählt man Stahlbecher, welche auf Ketten oder Bändern befestigt sind. Die Zu- und Ablaufschurren und die Seitenwände der Elevatoren selbst werden aus Holz angefertigt, dessen Fugen durch Stoffeinlagen staubdicht gemacht werden.

Eiserne Abfallröhren bewähren sich nicht, weil sie auf der unteren Seite zu schnell verschleißen.

Der innere Mantel des ersten Siebes ist 2,8 m lang und hat einen Durchmesser von 700 mm am Einlauf, von 1100 mm am Auslauf und eine Lochweite von 10 mm. Der äußere Mantel ist 2,5 m lang, hat einen Durchmesser von 800 : 1200 mm und eine Lochweite von 5 mm. Das Sieb macht in der Minute 25 Umdrehungen und kostet inkl. Holzmantel ca. M. 950.

Das gemahlene Material wird durch den Elevator dem inneren Siebe zugeführt, von wo aus die Quarzstücke von mehr als 10 mm Korngröße nach dem Walzwerk zurückfallen, während die nicht durch den äußeren Mantel hindurchfallenden Teilchen nach dem Koller geleitet werden. Es bleibt demnach nur das bis unter 5 mm Korngröße gemahlene Material unter dem Siebe liegen.

Von der Wäsche her enthält der Quarz noch geringe Mengen von Feuchtigkeit, wodurch die feineren Teilchen des Mahlgutes leicht an den Sieben haften bleiben. Besonders leicht aber keilen sich die scharfkantigen und spitzen Quarzteilchen in den Löchern des Siebes fest und verstopfen sie. Um das zu verhindern, bringt man auf den Speichen an beiden Enden der Siebe lose liegende eiserne Ringe von ca. 1 kg Gewicht an. Bei der Drehung des Siebes rutschen diese Ringe auf den Speichen hin und her und fallen abwechselnd auf die Nabe bezw. den Kranz. Durch jeden einzelnen Fall erhält das Sieb eine kleine Erschütterung, welche die etwa anhaftenden Quarzteilchen loslöst und abfallen läßt.

Ein Kollergang von 1,5 m Läuferdurchmesser und 400 mm Läuferbreite mahlt mit einem Kraftaufwande von 8 PS. und 18 Umdrehungen in der Minute stündlich 1200 bis 1500 kg vom Siebwerk zugeführten Quarz. Zu seiner Aufstellung braucht man einen Raum von 3,7 $\times$ 3,7 m Grundfläche und 4 m Höhe. Der Preis beträgt inkl. Montage ca. M. 9000. Da die feinen Quarzteilchen weit umherspritzen und die harten, scharfkantigen Stücke den dabei beschäftigten Arbeitern gefährlich werden können, umgibt man den Koller mit einem kräftigen Holzmantel.

Das zweite Siebwerk besteht aus einer einfachen, konischen Trommel von 2 m Länge und 1000 : 800 mm Durchmesser, die Lochweite beträgt 2 mm. Es macht 25 Umdrehungen in der Minute und kostet ca. M. 750. Das Mahlgut bis zu 2 mm Korngröße

sammelt sich unter dem Siebe an, das gröbere geht nach dem Koller zurück.

Zum Mischen der aus den verschiedenen Quarzsorten und der Kalkmilch angefertigten Masse bedient man sich eines im ersten Teile dieses Kapitels beschriebenen Mischkollers.

Eine so eingerichtete Anlage verteuert sich durch die dafür mehr gebrauchten Maschinen mit den dazu nötigen Elevatoren um rund M. 14000. Ferner braucht das Gebäude sowohl eine größere Bodenfläche, als auch wegen der erhöht aufzustellenden Siebwerke ein zweites Stockwerk, wodurch ebenfalls die Anlagekosten erhöht werden. Ebenso steigen durch die höhere Zahl der Arbeitsmaschinen die laufenden Ausgaben für die Unterhaltung, Reparaturen und die Löhne für ihre Bedienung. Durch das alles müssen sich die Selbstkosten für die Dinassteine nicht unbedeutend erhöhen.

Wenn es demgegenüber auch vorteilhaft erscheint, für die Herstellung der Steine ein sorgfältiger gemahlenes und sortiertes Rohmaterial zu verarbeiten und so eine bessere Qualität des Fertigfabrikates herzustellen, wird diese Annahme doch in der Praxis durch die Fabrikate der nach der einfacheren Methode arbeitenden Werke widerlegt, und man kann deshalb die zuerst beschriebene Anlage als die bessere und rationeller arbeitende bezeichnen und bei der Einrichtung einer neuen Anlage die Anschaffung des Walzwerkes, des Kollers, der Elevatoren und Siebwerke als überflüssig fortlassen.

C. Die Herstellung der Dinassteine.

Der Quarzit wird im Freien gelagert, da er durch die Einwirkung der Atmosphärilien nicht angegriffen wird und etwaige Regengüsse nur dazu beitragen können, ihn von anhaftenden erdigen Unreinigkeiten zu befreien. Die aus dem Bruch gekommenen Stücke werden mit schweren Hämmern in Stücke von solcher Größe vorgeschlagen, wie sie der Einwurfsöffnung des Steinbrechers entspricht. Wenn der Quarz in genügend reiner Qualität angeliefert wird, ist es nicht nötig, ihn zu waschen. In vielen Fällen ist er aber durch anhaftenden Erdboden, Lehm etc. verunreinigt und muß dann erst gewaschen werden, bevor er verarbeitet werden darf. Man fährt ihn dann in Handkarren auf einer schiefen Ebene zu der erhöht stehenden Waschtrommel, in welcher er gewaschen wird und beim Austritt aus derselben durch eine Schurre in den darunter stehenden

Steinbrecher fällt. Das gereinigte und vorgebrochene Material wird hier in einer Karre aufgefangen und nach dem dafür bestimmten Lagerplatz im Kollerhause gefahren bezw. zur sofortigen Weiterverarbeitung an den Koller selbst abgestürzt. Eine bestimmte Anzahl von Karren entspricht dem Gewicht einer Charge, welche auf einmal auf den Koller gegeben und von ihm verarbeitet werden kann.

Um das Wachsen der Dinassteine beim Brennen zu verhindern, hat man den Quarzit vor der Verarbeitung gebrannt. Hierdurch lockert sich aber das Gefüge und man erhält nachher mürbe Steine, weshalb man von dem vorherigen Brennen des Quarzits Abstand genommen hat.

Die Kalkmilch wird in der Nähe der Koller zurechtgemacht, an einer Stelle des Kollerhauses, an der sich ein Hahn der Wasserleitung befindet. Man benutzt hier eine Reihe von quer durchgeschnittenen früheren Petroleum- etc. Fässern, welche so groß sein müssen, daß eine Faßhälfte jedesmal die für eine Mischung nötige Kalkmilch enthält und rechnet für jeden Koller 3 solche Fässer, welche der Reihe nach benutzt werden, so daß der Kalk jedesmal die zur vollständigen Auflösung genügende Zeit findet.

Die für eine Mischung nötige Menge gebrannten oder trocken abgelöschten Kalkes wird genau abgewogen, in dem Faß mit der nötigen Wassermenge vermischt und das Ganze gut durchgerührt. Auf einigen Werken nimmt man hierzu durch eine Dampfschlange bis zum Kochen erhitztes Wasser, weil sich der Kalk in diesem schneller lösen soll als in kaltem. Da aber bei der Vereinigung des Kalkes mit dem Wasser an sich schon eine bedeutende Temperaturerhöhung stattfindet, scheint die Verwendung von vorher zum Kochen erhitzten Wasser überflüssig zu sein.

Bevor die so hergestellte Kalkmilch benutzt wird, muß sie sorgfältig von in dem gebrannten Kalk enthaltenen Verunreinigungen, welche sich zu Boden setzen, und von ungelösten Kalkteilchen abgefüllt werden. Es ist vorteilhaft, die Milch zu diesem Zweck durch ein feines Sieb mit 25 Maschen auf den qcm zu gießen und sie erst dann zur Fabrikation zu verwenden, weil, wie bereits erwähnt, ungelöscht oder ungelöst gebliebene Kalkteilchen, die in den Dinasstein gelangen, denselben später zerstören.

Durch geeignete Zusätze zur Kalkmilch erzeugt man Steine von bedeutend höherer Festigkeit, doch sind diese Zusätze als

Fabrikationsgeheimnis zu behandeln, über die näher zu berichten sich deshalb verbietet. Nach genauen Untersuchungen hat man so die Druckfestigkeit des ohne solche Zusätze angefertigten Dinassteines von 130 kg pro Quadrat-Zentimeter bis auf 280 kg pro Quadrat-Zentimeter erhöht und dichte, hell klingende Steine damit erzielt.

Nachdem der Mischkoller von der vorhergegangenen Charge befreit ist, wird die für die folgende abgemessene Menge Quarzit aufgegeben und gleichmäßig auf den Teller verteilt. Nach einigen Umgängen fügt man die entsprechende Menge Kalkmilch hinzu und läßt nun die Koller so lange arbeiten, bis die Mischung eine gleichmäßige geworden ist, die Quarzteile genügend zerkleinert sind und eine Probe sich als handgerecht zum Formen erweist. Ist dies der Fall, dann öffnet man den Schieber an der Außenwand des Tellers, senkt das bis dahin frei schwebende Scharrwerk und nun wird die fertige Mischung bei den weiteren Drehungen des Tellers durch die Ausstreichmesser des Scharrwerkes aus dem Koller heraus in die davor stehende Karre befördert und nach dem daneben liegenden Formraum gefahren.

Die beiden Mischkoller arbeiten abwechselnd, so daß der eine beschickt wird, während die Mischung auf dem anderen fertiggestellt wird. Die Entleerung geschieht durch die Former, welche sich die Masse zu ihren Arbeitstischen hinholen.

Zur Bedienung der Quarzwäsche sind 2 Mann erforderlich, welche die Quarzitstücke vorschlagen, sie nach der Wäsche transportieren und in den Einwurfstrichter derselben abstürzen. Am Steinbrecher ist 1 Mann tätig; er rückt den Antrieb der Wäsche ein und aus, so daß der Steinbrecher jedesmal eine darunter stehende Karre füllt, und fährt das gebrochene Material in das Kollerhaus an die Koller oder auf den Lagerplatz. Die beiden Mischkoller werden von 2 Arbeitern gemeinschaftlich bedient, welche die Kalkmilch zurecht machen, den Quarzit auf den Koller geben, die Kalkmilch hinzufügen und die Arbeit der Koller sowie das rechtzeitige Abholen der fertigen Mischung überwachen. Im Interesse des gleichmäßig fortgehenden Betriebes werden diese Arbeiter nach der Leistung der Koller, welche durch die Zahl der Mischungen leicht festgestellt werden kann, und im Akkord pro 1000 kg des verarbeiteten Quarzits bezahlt, und bilden so eine gemeinschaftlich arbeitende Abteilung.

Der neben dem Kollerhause liegende Formraum hat eine länglich viereckige Form, mit den nötigen Ausgängen an den beiden Längsseiten, und Oberlicht. Die Mitte des Fußbodens wird in seiner ganzen Länge durch die ca. 10 m breite Trockendarre für die geformten Steine eingenommen. Letztere besteht unter dem Fußboden aus einer Reihe von gemauerten, nebeneinander herlaufenden Kanälen, die in der Höhe des Fußbodens mit gußeisernen Platten abgedeckt sind. Aus einem von den Brennöfen herkommenden Sammelkanal tritt die Abhitze der Öfen in die Trockenkanäle, durchzieht diese und wird am anderen Ende derselben durch einen Sammelkanal nach dem Kamin abgeleitet. Der Durchgang der Wärmgase kann am Ende eines jeden Kanales der Trockendarre durch einen Schieber reguliert werden. Bei nicht genügender Anzahl von Brennöfen muß die Trockendarre durch direkte Feuerungen geheizt werden, doch erfordert dies einen besonderen Arbeiter und eine ganz unverhältnismäßige Ausgabe für Brennmaterial, so daß eine nicht durch die Abgase der Öfen geheizte Trockenanlage stets als sehr unrationell arbeitend bezeichnet werden muß. An der einen Längswand neben der Darre, durch Türen in direkter Verbindung mit dem Kollerhause, befinden sich die Arbeitsplätze für die Former. Auf der gegenüberliegenden Seite bleibt ein Gang frei, auf dem die trockenen Steine, welche nicht sofort in die Öfen eingesetzt werden können, von der Trockendarre abgesetzt werden, damit diese stets für die frisch geformten Steine freigehalten werden kann. Der nicht von der Darre eingenommene Formraum wird vorteilhaft mit einem Fußboden aus Zement versehen, weil dieser in der Wärme am dauerhaftesten ist und am leichtesten gereinigt werden kann.

Die Former holen die Masse von den Mischkollern ab und bringen sie entweder auf ihren Arbeitstisch oder breiten sie auf dem Fußboden an der Wand hinter den Arbeitsplätzen aus.

Das Formen der Steine geschieht durch Handstrich oder durch Pressen in Maschinen. Die Hände der Former müssen durch Gummihandschuhe gegen die ätzenden Einwirkungen der Kalkmilch geschützt werden.

Durch Handstrich werden die gewöhnlichen rechtwinkligen Formate und kleine Formsteine hergestellt. Dies geschieht auf Tischen, auf einer Unterlagsplatte von gehobeltem Gußeisen und in Formen aus Flacheisen. Da die Dinassteine beim Brennen wachsen,

müssen die Formen dementsprechend, ca. 3 %, kleiner sein als der fertige Stein. Die Masse wird mit einer Handschaufel in die Form geschöpft, mit der Hand festgedrückt und dann mit einem mit Blech beschlagenen Holzschlegel eingeschlagen. Die überflüssige Masse wird mit einem linealartigen Streicheisen abgestrichen und die Oberfläche des Steines in der Form geglättet. Hierauf bedeckt man die Form mit einem Plättchen aus Eisenblech, auf welchem später der fertige Stein nach der Trockendarre abgetragen wird, und dreht das Ganze um, glättet nun die nach oben gekehrte vorher untere Seite des Steines, hebt darauf unter leisen Klopfen die Form ab, und der auf dem Blech liegende fertige Stein wird dann mit der Unterlage auf die Trockendarre gelegt.

Bei der Anfertigung kleiner Fassonsteine gibt man der hierfür aus Holz hergestellten Form einen Boden, damit die Steine an der unteren Seite nicht bauchig werden. Die Form wird mit reinem Sand ausgestreut, und der Boden ist mit kleinen Luftlöchern versehen, weil sich der Stein sonst nicht aus der Form löst.

Für die Herstellung großer Steine und größerer Fassonsteine benutzt man starke Holzformen, die mit Öl ausgestrichen werden und formt die Steine auf dem Fußboden. Über die eigentliche Form setzt man einen mehrere Zentimeter hohen Aufsatz und stampft das Ganze mit Masse aus. Dies geschieht mit eisernen Stampfern von den Ecken und Seiten ausgehend nach der Mitte der Form zu und muß kräftig und gleichmäßig geschehen, damit der Stein gleichmäßig dicht wird. Nach dem Entfernen des Aufsatzes wird die überflüssige Masse abgestrichen und die Oberfläche mit dem Streicheisen geglättet.

Nach längerem Stehenlassen bemerkt man auf der Oberfläche frisch geformter größerer Steine kleine Erhebungen, hervorgerufen durch Luftblasen, welche mit einer Nadel aufgestochen werden müssen, damit die Luft daraus entweichen kann.

Nachdem ein großer Stein einige Stunden lang in der Form gestanden hat, löst man ihn durch leichte Hammerschläge von derselben und hebt sie vorsichtig ab. Sobald der Stein genügend erhärtet ist, muß er, um gleichmäßig zu trocknen, von Zeit zu Zeit, mindestens einmal am Tage, auf eine andere Seite gelegt werden. Damit die Kanten beim Umwenden geschont werden, lagert man solche Steine am besten auf einer dichten Unterlage von feinem Sand.

Beim Handstrich arbeitet ein Former allein ohne weitere Hülfe und liefert in 9 Stunden je nach seiner Fähigkeit bis 600 Steine in dem meist üblichen Format von 230 × 114 × 64 mm, welche durchschnittlich 3,2 kg wiegen. Eine Stunde ist nötig, um die am Tage vorher geformten trockenen Steine von der Trockendarre abzusetzen und so Raum für die frischen Steine zu schaffen.

Für die Herstellung von Steinen durch Maschinen benutzt man durch Hebeldruck wirkende Handpressen, wie sie z. B. von Soest & Co., Düsseldorf-Reisholz gebaut werden. Die Pressen bestehen aus einem Rahmengestell, welches im unteren Teile horizontale Führungsleisten für den darauf ruhenden Preßkasten trägt. Die Unterkante der Preßkästen befindet sich in Tischhöhe. An beiden Seiten sind die Führungsleisten soweit verlängert, daß der Preßkasten hervorgezogen und abgehoben werden kann. Der obere Teil des Rahmens trägt die genau vertikal geführten Preßstempel, welche durch einen Hebel auf- und abwärts bewegt werden können. Es sind zwei Preßkästen nötig, welche zwei auf der schmalen Längsseite liegende Steine gleichzeitig enthalten. Der Former arbeitet mit zwei Jungen gemeinschaftlich. Die Masse wird auf dem Fußboden hinter dem Former in einer dünnen Schicht ausgebreitet und hier noch einmal tüchtig durchgeschaufelt und festgeschlagen. Der Former hat den Preßkasten, in welchem die beiden Steine auf der schmalen Längsseite liegend geformt werden, auf einem Tischchen neben der Presse auf einem Unterlagsblech liegen und streicht sie mit Öl aus. Unterdessen sticht ein Junge mit der Schaufel von der auf dem Fußboden liegenden Masse ein für zwei Steine genügendes Quantum ab, das kräftig in den Formkasten eingeworfen wird. Nachdem die Masse hier eingedrückt und die Oberfläche mit dem Streicheisen geglättet ist, bringt der Former den Preßkasten mit dem darunter liegenden Blech unter die Preßstempel und der zweite ihm gegenüberstehende Junge übt durch Bewegung des Hebels den pressenden Druck auf die Steine aus. Nach dem Rückgang der Preßstempel schiebt der Former den Preßkasten diesem Jungen zu, der den Kasten abzieht, ihn dem Former wieder zur Hand setzt und die fertigen Steine auf ihrer Unterlage nach der Trockendarre trägt. Eine derartige Handpresse liefert in 8 Stunden 1500 Steine à 3,2 kg, 2 Stunden sind täglich nötig, um die am Tage vorher gepreßten Steine von der Trockendarre abzusetzen. Die so hergestellten Steine stellen sich bedeutend billiger als Handstrichsteine; die Presse übt

aber nur einen einseitigen Druck von 15 mm Höhe aus, und deshalb sind die mit der Hand kräftig geschlagenen Steine gleichmäßiger und im Gefüge dichter. Aus dem Grunde ist die Benutzung derartiger Pressen nur für Steine zweiter Qualität zu empfehlen.

Für die Anfertigung von Steinen in Normalformaten und in größerer Menge ist es vorteilhafter, sich eines Formtisches mit festliegender Form und beweglicher Bodenplatte zu bedienen, den man sich leicht herstellen kann und wie er auch zur Herstellung von Schamottesteinen benutzt wird. Die Form ist hier nach unten offen und trägt an ihrer unteren Seite einen nach innen vorspringenden Rahmen, auf dem die an der unteren Seite mit einem Handgriff versehene Bodenplatte liegt. Es wird jedesmal nur ein Stein, und zwar auf der größten Fläche liegend hergestellt. Über der Form bewegt sich eine am oberen Ende in Scharnieren schwingende schwere Holzplatte, welche an der unteren Seite mit Blech beschlagen ist und an dem dem Former zugewendeten losen Ende kräftige Handgriffe besitzt. Zur Bedienung sind auch hier ein Mann und zwei Jungen nötig. Der eine Junge sticht wieder von der am Fußboden vorbereiteten Masse ein für einen Stein genügendes Quantum ab und wirft es in die mit Öl ausgestrichene Form. Der Former schlägt nun die Masse mit einigen kräftigen Schlägen der Holzplatte in der Form fest, stellt die Schwinge dann aufrecht, streicht die über die Form herausstehende Masse mit dem Streicheisen ab und glättet die Oberfläche des Steines. Hierauf tritt er mit dem Fuße auf einen unter dem Tisch befindlichen Hebel, wodurch der fertige Stein mit der Unterlagsplatte aus der Form gehoben wird. Der zweite Junge faßt den Handgriff der Unterlagsplatte, bedeckt den Stein, ohne ihn zu drücken, mit einem Blech, dreht ihn herum und legt ihn so mit der schmalen Längsseite auf das Abtrageblech, wobei er die Bodenplatte der Form vorsichtig abzieht. Auf einem Abtrageblech werden immer mehrere Steine vereinigt und dann nach der Trockendarre getragen.

Die Leistung eines derartigen Formtisches, den man auch Schlagpresse zu nennen pflegt, ist nicht so groß wie die einer Presse, kann aber doch mit geschickten Arbeitern auf 1200 Steine gebracht werden. Da die Steine aber flach geformt und kräftig geschlagen werden, stehen sie in der Qualität denen des Handstriches nicht nach, und deshalb ist diese Herstellung der durch die Druckpresse vorzuziehen.

Die bisher beschriebene Ausnutzung der Trockendarre, bei der letztere nur mit einer Lage Steine bedeckt wird, welche täglich abgesetzt werden müssen, ist nicht rationell, obgleich sie vielfach angewendet wird. Wenn die Dinassteine erfahrungsgemäß möglichst schnell getrocknet werden sollen, so ist doch zwischen einem in einem Tage getrockneten Stein und einem anderen, der vielleicht zwei Tage zum Trocknen gelegen hat, kein Unterschied zu sehen. Man kann deshalb die strahlende Wärme der Trockendarre vorteilhafter ausnutzen, indem man die Steine nicht ausschließlich direkt darauf, sondern auch in darüber stehenden Trockengerüsten ablegt. Diese fertigt man aus Winkel- und Flacheisen in Form von Doppelgerüsten an, welche 5 m lang und so hoch gewählt werden, daß darin 10 Lagen Steine übereinander abgelegt werden können. Jeder Arbeitstisch, bezw. jede Presse erhält so viel Gerüste zugeteilt, daß darin die Produktion von 2 bis 3 Tagen abgelegt werden kann. Zwischen den einzelnen Gerüstreihen bleiben genügend breite Gänge frei, daß man mit Karren oder Wagen in ihnen fahren und die Steine so direkt aus den Gerüsten nach den Öfen transportieren kann.

Auf diese Weise wird die Tagesleistung der Former vergrößert, da die Zeit, welche sonst zum Abtragen der trockenen Steine von der Trockendarre und zum Absetzen in dem daneben befindlichen Gang gebraucht wird, fortfällt und zum Formen benutzt werden kann; die Wärme der Trockendarre wird besser ausgenutzt, indem 10 Reihen Steine übereinander liegen und gleichmäßig von der warmen Luft umspült werden, und schließlich werden die Steine erst in die Hand genommen, wenn sie nach dem Ofen transportiert werden, und die beim Abtragen von der Trockendarre und dem Aufsetzen stets entstehenden Verluste und Beschädigungen fallen fort. Durch das alles machen sich die verhältnismäßig niedrigen und nur einmaligen Anschaffungskosten für die Trockengerüste in kurzer Zeit bezahlt, auch kann dadurch der Formraum und die Trockendarre entsprechend kleiner angelegt werden.

Die beim Formen und Trocknen der Steine entstehenden Abfälle werden gesammelt, in kleinen Mengen den Mischungen unter dem Koller zugesetzt und so wieder nutzbar gemacht.

Die Former arbeiten im Akkord, die Handformer einzeln, die zu einer Presse gehörenden Leute gemeinschaftlich, bezw. werden hier die Hilfsarbeiter im Tagelohn bezahlt. Der Lohn für gewöhn-

liche Steine in rechtwinkligen Formaten wird für 100 Stück, der für größere oder Fassonsteine für 1000 kg gebrannter Steine festgesetzt.

Die ungebrannten Dinassteine werden durch die Berührung mit der gewöhnlichen feuchten Luft schnell mürbe und bröcklig, man läßt sie deshalb so lange im Trockenraum liegen, bis sich eine genügende Menge angesammelt hat, um damit einen Ofen schnell hintereinander besetzen zu können.

Ebenso achtet man darauf, einen ausgefahrenen Ofen schnell wieder zu besetzen, um Wärmeverluste des leer stehenden Ofens nach Möglichkeit zu vermeiden.

Ferner ist zu beachten, daß Dinassteine eine bedeutend längere Zeit zum Brennen und Abkühlen im Ofen verbleiben müssen als Schamottesteine, weshalb für eine gleiche Produktion eine entsprechend größere Zahl von Öfen vorhanden sein muß. Als die geeignetste Größe derselben hat sich eine solche für einen Inhalt von 80—100 t gebrannter Steine ergeben.

Zum Transport der trockenen Steine aus dem Formraum nach den Brennöfen benutzt man gewöhnliche eiserne Handwagen, welche an den Stirnseiten und am Boden mit Brettern ausgeschlagen sind. Um die gegenseitige Reibung während des Transportes zu verhindern, legt man Filzdecken zwischen die einzelnen Lagen der Steine. Die Räder der Wagen sind am besten mit flachen Laufkränzen versehen, damit sie den Fußboden im Trockenraum nicht beschädigen. Im Freien läßt man sie bis in die Öfen auf den leicht transportablen GÜNTHERschen Geleisen laufen, welche den Rädern eine genügend kräftige Unterlage bieten und leicht beliebig nach den einzelnen Öfen gelegt werden können. Diese Geleise bestehen aus 2 Fahrbahnen aus Flachstahl, die durch Flacheisen miteinander verbunden sind. Die Außenränder der Fahrbahn tragen einen angewalzten Wulst, durch den das Ausweichen der Wagen verhindert wird.

Nachdem man sich davon überzeugt hat, daß die Sohlkanäle der Öfen gereinigt und in gutem Zustande sind, beginnt man mit dem Einsetzen an der der Tür gegenüberliegenden Wand mit Steinen von geringerer Qualität, indem man die Sohlkanäle der Länge nach rechtwinklig besetzt, so daß immer 2 Steine nebeneinander gelegt werden und dann der für den Abzug der Heizgase nötige Zwischenraum frei bleibt. Die zweite Steinlage setzt man mit den nötigen Zwischenräumen rechtwinklig zur ersten; die dritte Lage wird ge-

schränkt gesetzt, die vierte Lage ebenfalls, aber nach der anderen Richtung geschränkt. Von da ab können Steine besserer Qualität gesetzt werden bis zu den Widerlagern immer abwechselnd nach rechts und links geschränkt. In den oberen Teil des Ofens, in dem die höchste Temperatur herrscht, setzt man die größeren bezw. die Fassonsteine. Vor die Feuerungen setzt man eine Schicht Ausschuß- oder Schamottesteine und dann erst einige Lagen kleinere Dinassteine, weil dort noch eine ungleichmäßigere Temperatur herrscht und größere Steine in der Stichflamme leicht reißen. So wird der Ofen bis zum Gewölbe besetzt und das Einsetzen schreitet allmählich bis zur Tür vor. Um die Steine vor Beschädigungen durch die in den höheren Lagen daraufstehenden Arbeiter zu schützen, bedeckt man sie solange mit Laufbrettern. Da sie im Feuer wachsen, müssen sie mit dem nötigen Abstande von der Ofenwand und -decke gesetzt werden, damit sie diese nicht zersprengen oder sich untereinander zerdrücken; auch muß die Flamme zwischen dem Einsatz und dem Ofengewölbe einen genügenden Raum finden, um sich ausbreiten und sich gleichmäßig verteilen zu können. Ist das Einsetzen in dieser Weise bis ca. 1,25 m nach der Tür zu fortgeschritten, so läßt man in dem dieser zugewendeten mittelsten Stoß in der Höhe von ca. 1,5 m über der Ofensohle einen kleinen horizontalen Kanal frei, an dessen innerem Ende die zur Beobachtung der Brenntemperatur dienenden Seegerkegel aufgestellt werden. Ist dann der Ofen voll besetzt, so wird eine mit der inneren Wand abschließende Tür aus feuerfesten Steinen aufgebaut und dicht mit feuerfestem Mörtel beworfen und verschmiert. In einem Abstande von ca. 25 cm davor mauert man schließlich die äußere Tür auf. Durch beide Türen geht ein Tonrohr, welches die Verlängerung des Kanales mit den Seegerkegeln nach außen bildet und dort durch einen aus Formmasse gebildeten losen Pfropfen verschlossen wird.

Das Anfeuern des Ofens beginnt sofort nach Beendigung des Einsetzens; es muß langsam und vorsichtig geschehen. Man unterhält zuerst ca. 24 Stunden lang ein schwächeres Feuer, anfangs bei offenen Feuertüren; danach kann es schnell verstärkt und in kurzer Zeit bis zum Vollfeuer gesteigert werden. Letzteres unterhält man so lange, bis die eingesetzten Seegerkegel geschmolzen sind.

Grundbedingung für ein richtiges Brennen der Dinassteine ist schnelles Brennen und langsames Abkühlen.

Verfügt man über eine genügend große Zahl von Öfen, so kann man während der Brennperiode des einen seine Abhitze nach dem folgenden Ofen leiten und hier erst den Einsatz vorwärmen, bevor man die Gase unter der Trockendarre hindurch zum Kamin abführt. Dadurch fällt denn bei dem zweiten Ofen usf. die Vorwärmeperiode durch direktes Befeuern fort und der Kohlenverbrauch dieser Öfen wird bedeutend erniedrigt.

Nach Beendigung des Garbrandes werden die Feuer gelöscht, die Feuertüren und die Schieber nach den Abzugskanälen geschlossen, die Öffnungen vor den Aschenfällen der Feuerungen vermauert und sämtliche sonstige Öffnungen und Fugen, durch welche kalte Luft in den Ofen strömen könnte, sorgfältig verschmiert. Der Ofen bleibt dann so lange stehen, bis die Abkühlung im Innern so weit fortgeschritten ist, daß man ohne Gefahr für den Einsatz die Türen langsam lüften kann.

Von dem Fortschreiten der Abkühlung überzeugt man sich nach längerer Zeit durch Probenehmen einiger Steine durch die Öffnungen in der Decke des Ofens, welche sonst während des Abkühlens natürlich ebenfalls fest verschlossen gehalten werden müssen. Wenn während des Abkühlens auf irgend einem Wege zu frühzeitig kalte Luft in das Innere des Ofens gelangt, hört man dort fortwährend ein leises helles Klingen, wobei die noch zu heißen Steine durch kleine, meist unsichtbare Risse gesprengt und für die weitere Benutzung unbrauchbar werden.

Ist die Abkühlung genügend weit fortgeschritten, so öffnet man allmählich die Türen der Feuerungen und die Ofentüren, worauf mit dem Ausfahren der Steine begonnen werden kann.

Dinassteine müssen vor Feuchtigkeit geschützt und deshalb stets trocken gelagert werden.

Das Ein- und Aussetzen der Öfen wird von denselben Arbeitern vorgenommen, denen diese Arbeit im Akkord pro Ofen oder besser für die Tonne gebrauchsfähiger Steine übertragen wird. Für einen Ofen von 100 Tonnen Ausbringen braucht man 3—4 Mann, die die Steine von dem Trockenraum bis in den Ofen und später aus dem Ofen bis zum Lagerplatz bezw. bis an den Waggon zu bringen haben, und 2 Ein- bezw. Aussetzer im Ofen selbst.

Zum Brennen sind 2 Feuerleute, je 1 für Tag- und Nachtschicht erforderlich, welche die Kohlen herbeifahren und die

Feuerungen bedienen. Sie arbeiten ebenfalls im Akkord pro Tonne gebrauchsfähige scharfgebrannte Steine.

Als Mörtel zum Vermauern der Dinassteine verwendet man eine Mischung von fein gemahlenem Quarz und gutem Bindeton.

Alle aus Dinassteinen hergestellten Öfen und Öfenteile müssen durch vorsichtiges, langsames Anwärmen sorgfältig ausgetrocknet werden, ehe sie in Betrieb genommen werden dürfen, weil die Steine viel Wasser aufnehmen.

D. Dinassteine aus Kalk und Sand nach dem Patent Horak.

Im Jahre 1901 erhielt J. Horak unter No. 140609 ein Patent, welches viel von sich reden machte. Danach sollte zur Herstellung von Dinassteinen jeder Quarzsand tauglich sein, wenn er vor dem Brennen mit Ätzkalk vermischt einem Härtungsprozeß in der bei der Kalksandsteinfabrikation üblichen Weise durch hochgespannten Wasserdampf unterworfen wird.

Über die Brauchbarkeit der so hergestellten Steine ist wenig bekannt geworden, und ein rheinisches Werk hat mit der Fabrikation keine günstigen Resultate erzielt, auch hat Horak selbst die Fabrikation aufgegeben. Es war aber von Anfang an kaum anzunehmen, daß dies Verfahren eine bedeutende Umwälzung der bisherigen Fabrikationsweise der Dinassteine zur Folge haben oder derselben konkurrenzfähig sein würde. Die Maschinenanlage für die Kalksandsteinfabrikation, bestehend aus Dampfmaschinenanlage, Mischkoller, Presse und Härtekesseln, ist nicht billig, ermöglicht aber für gewöhnliches Baumaterial, das nicht weiter gebrannt werden braucht, eine gewinnbringende Fabrikation. Wenn aber dazu noch die zum Brennen der Steine nötige Ofenanlage mit ihren Ausgaben für Kohlen und Löhne kommt, dann ist trotz der Verwendung eines billigeren Rohmaterials kaum anzunehmen, daß die Selbstkosten der so hergestellten feuerfesten Kalksandsteine niedriger werden als die der nach dem sonst üblichen Verfahren angefertigten Dinassteine.

Dazu kommt, daß mit maschinellen Preßanlagen nur Steine von geringerem Gewicht und regelmäßigen Formen hergestellt werden können. Form- und Fassonsteine, wie sie für viele Zwecke gefordert werden, sind nur durch Handarbeit herzustellen, ohne daß man sie zur Erzielung einer größeren Dichtigkeit durch Maschinenkraft nachpressen kann. Die kompliziertere Form der Steine würde dies

oft nicht gestatten und stets würden die dadurch entstehenden Ausgaben für Formkästen und Preßstempel nicht im Verhältnis zu den für die Steine zu erzielenden Verkaufspreisen stehen. Da aber auch solche Steine bei richtiger Herstellungsweise durch Handarbeit ein vollständig dichtes Gefüge und genügende Festigkeit zeigen, liegt kein Grund vor, weshalb man sich zur Herstellung kleinerer Dinassteine und gewöhnlicher Formate unnötig so teurer Maschinenanlagen bedienen sollte, wie sie die Presse und Härtekessel der Kalksandsteinfabrikation darstellen.

Geradezu bedenklich erscheint es aber, daß Horak, wie in einem über das Verfahren herausgegebenen Prospekt gesagt wurde, dem Rohmaterial Flußmittel zusetzt, um dadurch die Sinterung der Steine beim Brande zu beschleunigen, während man doch sonst bei der Herstellung hochfeuerfester Steine peinlich darauf zu achten hat, nur Rohmaterialien mit einem möglichst niedrigen Gehalt an Flußmitteln zu verwenden, durch welche die Feuerfestigkeit der Steine stets herabgesetzt zu werden pflegt. Auch kann wohl die Behauptung des Prospektes: „Die Steine sind den besten feuerfesten Steinen ebenbürtig“ in ihrer allgemein gehaltenen Fassung nur relativ genommen werden. Man darf nicht alles saure und basische feuerfeste Material so ohne weiteres in einen Topf werfen wollen.

Nach den angeführten Untersuchungsresultaten ist der Schmelzpunkt der Steine bei Seegerkegel 33; bis Kegel 17 erhitzt zeigen sie eine lineare Ausdehnung von 2 %, bei nochmaligem Erhitzen, wie hoch ist nicht gesagt, von 2,7 %. Von den „besten feuerfesten Steinen“ pflegt man doch etwas andere Eigenschaften zu verlangen.

Für nur geringe Ansprüche an die Feuerfestigkeit stellende Verwendungszwecke, wie Dampfkesseleinmauerungen, werden die Steine genügen; ob sie sich wegen ihrer sonstigen Eigenschaften im Betriebe von Kalkringöfen bewähren, dürfte schon zweifelhafter sein. Ihr Herstellungspreis wird sich bei richtiger Kalkulation nicht allzuweit von dem der besten Dinassteine entfernen; es ist aber keinenfalls daran zu denken, daß sie für die die höchsten Anforderungen an die Qualität stellende Stahlwerks- und Glasindustrie in Frage kommen und hier einen Vergleich mit den dafür ausschließlich benutzten eigentlichen Dinassteinen aus Quarz und Kalk aushalten können.

Die Fabrikation der Schamottesteine.

A. Die Rohmaterialien.

Je nach dem Überwiegen ihres Gehaltes an SiO_2 oder Al_2O_3 trennt man die Rohmaterialien in saure und basische.

Die sauren Rohmaterialien sind die Quarzite, Quarzkiesel und Quarzsande, welche fast frei von Al_2O_3 sind, ferner die Klebsande mit geringeren mechanisch beigemengten Mengen von Al_2O_3 und der Ganister, ein aus Quarzkörnern bestehendes Gestein mit ca. 7 % $Al_2O_3 + Fe_2O_3$. Sie werden ausschließlich in rohem Zustande verarbeitet.

Die basischen Rohmaterialien bestehen entweder aus rohem Ton, der als Bindemittel benutzt wird, oder aus gebranntem Ton, den man Schamotte nennt. An Stelle der letzteren benutzt man für bestimmte Zwecke Abfälle aus der keramischen Industrie, wie Scherben von Kapseln, von Biskuitporzellan, von Steinkrügen, Tonröhren etc.

Sämtliche Rohmaterialien mit Ausnahme der Tone werden so angeliefert, daß sie direkt verarbeitet werden können. Da man stets größere Mengen von ihnen vorrätig haben muß, ist es nötig, sie auf einem sauberen Fußboden und vor dem Regen geschützt unter Schuppen zu lagern.

Die Rohtone unterscheidet man in Schiefertone, Kaoline und plastische Tone.

Die Schiefertone sind meistens sehr rein und hochfeuerfest, besitzen einen hohen Al_2O_3-Gehalt, aber keine Bindekraft und sind nicht oder erst nach längerem Aufschließen durch Wintern oder Sumpfen plastisch, und werden deshalb meist in gebranntem Zustande als Schamotte verwendet.

Die Kaoline besitzen ebenfalls keine oder nur geringe Bindekraft, sind, nachdem sie geschlämmt sind, sehr rein, enthalten bis zu 44 % Al_2O_3 und sind sehr feuerbeständig. Ihr Preis ist aber ein sehr hoher und sie finden deshalb in der feuerfesten Industrie nur für besondere Zwecke Verwendung.

Die plastischen Tone haben einen sehr verschiedenen Gehalt an H_2O, SiO_2, Al_2O_3 und an TiO_2, Fe_2O_3, CaO, MgO und K_2O, welch letztere Elemente man als Flußmittel bezeichnet. Diese Tone sind deshalb sehr verschieden feuerbeständig und plastisch.

Da das hygroskopische Wasser nur einen unnötigen Ballast bildet, tut man gut, nur abgelagerte, lufttrockene Tone zu beziehen, und sich für einen, eine bestimmte Grenze überschreitenden Wassergehalt entsprechende Abzüge vom Kaufpreise vorzubehalten.

Der Wert und Preis der Tone pflegt sich in erster Linie nach ihrem Gehalt an Al_2O_3 zu richten, gleichzeitig ist der Ton um so wertvoller, je weniger Flußmittel er enthält, durch welche der Schmelzpunkt herabgesetzt wird. Außer den oben erwähnten Flußmitteln rechnet man dazu noch freie SiO_2 in Form von Sand und Schwefelkies. Ein durch letzteren verunreinigter Ton ist für die feuerfeste Fabrikation stets zu verwerfen, während ein größerer Gehalt von freier SiO_2 den Ton für geringere Steinqualitäten nicht unbrauchbar macht. Das Vorhandensein einer geringeren oder größeren Menge von Sand kann man schon durch eine oberflächliche Untersuchung beurteilen, wenn man ein kleines Stück Ton zwischen den Zähnen verreibt oder ein trockenes Stück mit dem Messer schneidet, bezw. es in der Achatschale zerreibt, wobei man ein mehr oder weniger deutliches Knirschen des Sandes spürt. Der Gehalt an TiO_2, Fe_2O_3, CaO, MgO und Alkalien muß durch die chemische Analyse festgestellt werden und soll im allgemeinen nicht mehr als 4 % betragen, abgesehen von den Fällen, in denen es sich um die Anfertigung von besonders dicht gebrannten, festen oder säurebeständigen Steinen handelt, für welche ein höherer Gehalt an Flußmitteln vorteilhaft ist.

Seit einiger Zeit findet man häufig für bestimmte Tonsorten die Bezeichnung Edeltone angewendet. Dieser Name scheint nicht sehr glücklich gewählt zu sein, und kann leicht zu der Ansicht führen, daß nur ganz bestimmte Tone als solche zu bezeichnen und zu bewerten sind. Gegenüber den verschiedenen Verwendungszwecken der einzelnen Tone wird sich eine solche Grenze kaum ziehen lassen. Es kommt häufig vor, daß ein Ton von durchaus nicht großer Reinheit und mit verhältnismäßig niedrigem Al_2O_3-Gehalt wegen anderer Eigenschaften, z. B. durch große Plastizität oder durch große Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturschwankungen im Feuer für bestimmte Zwecke bedeutend geeigneter ist als ein

Ton von großer Reinheit, hohem Al_2O_3-Gehalt und deshalb einem höheren Schmelzpunkt. Mit Rücksicht auf den Verwendungszweck wird man hier den ersteren mit demselben Recht als Edelton bezeichnen können wie den letzteren.

Ebenso wird es nicht möglich sein, einen allgemein gültigen Maßstab für die Bezeichnung „feuerfest“ zu finden. Ein Ofenbauer glaubt in seinen Steinen für die gewöhnlichen Regulierfüllöfen in den Wohnzimmern schon ein Material von hervorragender Feuerfestigkeit zu besitzen, während der Hüttenmann seine Ansprüche an die Feuerfestigkeit seines Ofenbaumateriales oft gar nicht hoch genug stellen zu können glaubt. Deshalb wird das Wort „feuerfest“ stets nur eine relative Bedeutung entsprechend dem Verwendungszweck der Steine haben können.

Einen für die Praxis wertvollen Anhalt zur Bewertung der einzelnen Tonsorten finden wir in einer von Ludwig in der Tonindustriezeitung vom 31. Mai 1904 veröffentlichten Arbeit über Beziehungen zwischen der Schwerschmelzbarkeit und der chemischen Zusammensetzung der Tone. Es dürfte von allgemeinerem Interesse sein, die Hauptpunkte dieser Arbeit im Auszuge zu bringen.

Ludwig weist nach, daß die frühere Annahme, wonach beim Schmelzen der Tone Doppelsilikate gebildet werden, nicht richtig ist, weil sich dann zunächst eine leichter schmelzbare Verbindung bilden müsse und nicht eine schwerer schmelzbare. Doppelsilikate sind aber Verbindungen von relativ hohem Schmelzpunkt, während die Mischungen verschiedener Silikate, die Massen, deren Zusammensetzung sich von der eines bestimmt charakterisierten Silikates scharf unterscheidet, einen niedrigeren Schmelzpunkt zeigen, was durch Schmelzversuche von einzelnen und von Mischungen verschiedener Silikate stets bestätigt wird.

Die Zerstörung der Tone durch die Schmelzung ist demnach als eine Lösung zu betrachten, und folgt gleichgültig, bei welcher Temperatur sie stattfindet, ebenso wie bei Legierungen, den allgemein für Lösungen gültigen Gesetzen. Bei einem Ton, der neben Al_2O_3 und SiO_2 noch Fe_2O_3, CaO, MgO und Alkalien enthält, sind die Vorbedingungen zur Lösung gegeben, sobald der Ton bis über den Schmelzpunkt der leicht schmelzbarsten Lösung aus diesen Bestandteilen erhitzt wird. Erfahrungsgemäß tritt die Sinterung, die eine gewisse Menge geschmolzener Masse voraussetzt, oft schon dann ein, wenn der Schmelzpunkt des am leichtesten schmelzbaren

Bestandteiles im Ton noch nicht erreicht ist, weshalb die Stoffe schon vorher in festem Zustande aufeinander wirken und eine Lösung bilden müssen. Bei genügend inniger Berührung der verschiedenen Flußmittel untereinander und mit der Tonmasse bildet sich zunächst die am leichtesten schmelzbare Lösung der verschiedenen Bestandteile, welche reich an Flußmitteln, aber arm an Al_2O_3 ist. Bei steigender Temperatur wird allmählich der Schmelzpunkt immer flußmittelärmerer Lösungen erreicht, es kann also bei gleichbleibender Flußmittelmenge immer mehr SiO_2 und Al_2O_3 von der Lösung aufgenommen werden, und zwar zunächst vorwiegend SiO_2, da der Schmelzpunkt der Al_2O_3-reichen Verbindungen sehr hoch liegt. Indem so die Menge der Lösung sich vermehrt und das Ungelöste sich vermindert, muß die Masse allmählich erweichen und schließlich zusammensinken, bis sich ein vollkommenes Glas gebildet hat. So erklärt es sich, daß der Ton erst ganz allmählich zum Schmelzen kommt.

Ganz anders verhalten sich kristallisierte Körper, wie Quarze, welche wie Eis von außen abschmelzen, ohne erst in der ganzen Masse zu erweichen.

Der Schmelzpunkt der Lösung, sowie die zum Niederschmelzen des Tones erforderliche Temperatur hängen demnach sowohl vom Verhältnis der Al_2O_3 zur SiO_2 als auch von der Menge und Art der Flußmittel ab.

In welcher Weise die Vermehrung der SiO_2 den Schmelzpunkt herabsetzt, ist zahlenmäßig in der Zusammensetzung der Seegerkegel ausgedrückt.

Die Wirkung der Flußmittel, die in der Bildung von Lösungen besteht, erfolgt nach dem für verdünnte Lösungen bestehenden Gesetz, das in der physikalischen Chemie als allgemein gültig anerkannt und für Tone bereits 1868 von Richters aufgestellt ist: Eine gleiche Anzahl von Molekülen verschiedener Stoffe in der gleichen Menge des gleichen Lösungsmittels (der Silikatschmelze) erniedrigen den Erstarrungspunkt (Schmelzpunkt) um gleiche Beträge.

Dieses Gesetz gilt für alle in der Silikatschmelze löslichen Stoffe, gleichgültig ob Basen oder Säuren, mit Ausnahme der SiO_2 und Al_2O_3, die von vornherein als Hauptmasse enthalten sind.

Wenn wir aus der chemischen Zusammensetzung auf die Schmelzbarkeit schließen wollen, haben wir mit Molekülen zu

rechnen, denn nicht gleiche Gewichtsprozente von Fe_2O_3 und K_2O, sondern gleiche Moleküle haben die gleiche Schmelzwirkung.

Demnach müssen die Gewichtsprozente der Analysen in Moleküle umgerechnet werden, und es ist dabei gleichgültig, ob die Basen als solche oder als Silikate vorhanden sind.

Ein als Beispiel angeführter Grünstadter Kaolin hat folgende chemische Zusammensetzung:

Al_2O_3	=	38,15 %.
SiO_2	=	47,69 „
TiO_2	=	0,12 „
Fe_2O_3	=	0,77 „
CaO	=	0,21 „
K_2O	=	1,26 „

Um das Verhältnis der Moleküle zueinander zu berechnen, muß jede Zahl durch das betreffende Molekulargewicht dividiert werden: die Al_2O_3 durch 102, die SiO_2 durch 60 etc.

Mit Rücksicht darauf, daß das Eisen in den Tonen meistens als Oxyd, in niedergeschmolzenen Schamottesteinen dagegen als Oxydul gefunden wird und bei der während des Betriebes entstehenden Umwandlung in Oxydul aus 1 Molekül Oxyd 2 Moleküle Oxydul entstehen, wodurch sich die Schmelzwirkung des Oxydes verdoppelt, hält LUDWIG mit Recht für richtig, hier schon diejenige Schmelzwirkung des Eisens in Betracht zu ziehen, die es bei dauernder Erhitzung im Betriebe haben wird, und deshalb die Gewichtsprozente des Eisens nicht mit 160, sondern mit 80 zu dividieren.

Es ergibt sich aus obiger Analyse folgende Umrechnung:

Al_2O_3	=	38,15	:	102	=	0,37402
SiO_2	=	47,69	:	60	=	0,79484
TiO_2	=	0,12	:	80	=	0,00150
Fe_2O_3	=	0,77	:	80	=	0,00963
CaO	=	0,21	:	56	=	0,00374
K_2O	=	1,26	:	94	=	0,01340

Um hieraus für Vergleiche geeignete Zahlen zu finden, aus denen das Verhältnis der einzelnen Bestandteile zueinander ersichtlich ist, dividiert man sämtliche oben gefundenen Endzahlen mit der für die Al_2O_3 gefundenen Molekularzahl 0,37402, so daß die Zahl für $Al_2O_3 = 1$ wird. Dann erhält man:

$$Al_2O_3 = 0{,}37402 : 0{,}37402 = 1$$
$$SiO_2 = 0{,}79484 : 0{,}37402 = 2{,}125$$
$$TiO_2 = 0{,}00150 : 0{,}37402 = 0{,}004$$
$$Fe_2O_3 = 0{,}00963 : 0{,}37402 = 0{,}0257$$
$$CaO = 0{,}00374 : 0{,}37402 = 0{,}0100$$
$$K_2O = 0{,}01340 : 0{,}37402 = 0{,}0358$$

Nach dem Grundgesetz haben gleiche Moleküle der Flußmittel gleiche Schmelzwirkung; man kann deshalb die für die Flußmittel gefundenen Zahlen einfach addieren und unter dem Buchstaben F = Flußmittel zusammenfassen. Da sie durchaus nicht nur aus Basen bestehen brauchen, scheint diese Bezeichnung besser gewählt, als die von LUDWIG benutzte RO.

Man erhält nun für den vorliegenden Ton die Summenformel $Al_2O_3 + 2{,}125\, SiO_2 + 0{,}0755\, F$ und die ganze Analyse ist in zwei Zahlen ausgedrückt, die ihren ganzen Inhalt zu Vergleichszwecken wiedergeben.

Die Kieselsäurezahl drückt aus, wie weit der Ton basisch oder sauer ist, während die Flußmittelzahl die Gesamtmenge derselben in ihrer wirklichen Bedeutung angibt.

Die Entscheidung der Frage nach den Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Schmelzbarkeit des Tones läßt sich nun durch eine einfache graphische Darstellung herbeiführen.

Das Endresultat der vorstehenden Berechnungen enthält nur zwei Zahlen. Diese kann man durch die Lage eines Punktes in einem Koordinatensystem darstellen, indem hier auf der Abszisse der SiO_2-Gehalt, auf der Ordinate die Flußmittelmenge, beide in Molekülen ausgedrückt, eingetragen werden.

Da die Flußmittelmengen meistens sehr klein sind und hier ein kleiner Unterschied schon einen großen Einfluß auf die Schmelzbarkeit ausübt, empfiehlt es sich, nicht den gleichen Maßstab für die beiden Größen anzuwenden, sondern die Flußmittelzahl zehnmal so groß darzustellen als die Kieselsäurezahl.

Das so angelegte Koordinatensystem ist aus der folgenden Abbildung verständlich.

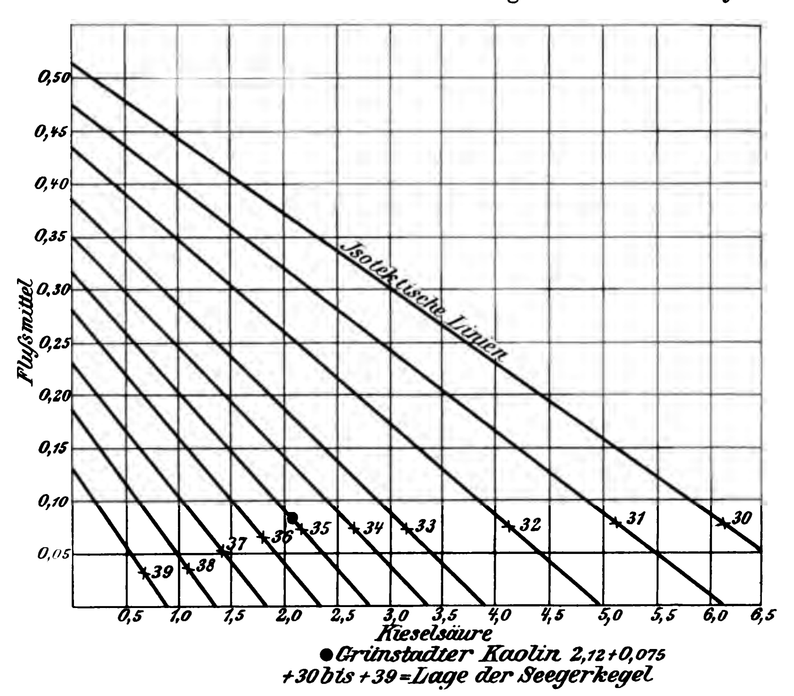
Der vorher erwähnte Grünstadter Kaolin ist hier an der für ihn gefundenen Stelle eingetragen.

Die reine Tonerde würde in der Ecke unten links ihren Platz finden; je mehr SiO_2 ein Ton enthält, um so weiter rückt er nach

rechts, je mehr Flußmittel er enthält, um so weiter steht er nach oben.

Ludwig stellt so eine Tabelle aus 85 Tonen zusammen, welche dadurch besonders wertvoll ist, daß die analytische und pyrometrische Untersuchung der einzelnen Tone stets mit derselben Probe angestellt wurde.

Aus der von ihm erhaltenen Tabelle ist zu ersehen, daß Tone, die eine ähnliche chemische Zusammensetzung haben — die Analysen



sind ebenfalls von Ludwig angegeben — nahe beieinander stehen, während größere Entfernungen voneinander größeren Unterschieden in der Analyse entsprechen.

Ferner hat Ludwig in der Tabelle die der Zusammensetzung der Seegerkegel entsprechenden Punkte eingetragen und dadurch feste Punkte in der wagerechten Richtung erhalten. Durch Versuche wurde ermittelt, wie weit der Schmelzpunkt des reinen Kaolins sinkt, wenn man ihm 0,05, 0,10 etc. Moleküle von Flußmitteln zusetzt.

Hierdurch wurden feste Punkte auch in der senkrechten Richtung erhalten. Durch Vergleichung einer größeren Zahl von Analysen ergab sich, daß es für die Praxis genügt, diese letzten Punkte durch gerade Linien mit den Punkten der Seegerkegel zu verbinden und die Verbindungslinien darüber hinaus bis zur untersten Abszisse zu verlängern, um so schräg von oben links nach unten rechts verlaufende Linien zu erhalten, auf welchen sämtliche Punkte liegen, die den Massen mit theoretisch gleichem Schmelzpunkte entsprechen. Ludwig nennt diese Linien nach dem Worte *τήκειν* (= schmelzen) „isotektische Linien". Wenn nun die wirkliche Schmelzbarkeit der theoretisch berechneten entspricht, werden die durch einen Versuch gefundenen Schmelzpunkte und die durch die Berechnung aus der Analyse gefundenen zusammenfallen und in der Tabelle in der Nähe oder auf der isotektischen Linie selbst liegen, welche zu dem Seegerkegel mit gleichem Schmelzpunkt gehört. Wie man sieht, trifft dies bei dem Grünstadter Kaolin zu, dessen Schmelzpunkt durch Versuche bei Kegel 35 gefunden war. Dasselbe ist bei der weitaus größeren Menge der von Ludwig angeführten 85 Tone der Fall. Kleine Abweichungen werden meist auf Fehler in der Analyse oder in der Schmelzpunktbestimmung zurückzuführen sein. Besonders die letztere erfordert genügende Übung und darf erst als beendet gelten, nachdem man den Ton zum wirklichen Niederschmelzen gebracht hat. Für die Praxis ist es jedenfalls wertvoll, daß von sämtlichen durch Ludwig angeführten Tonen keiner einen niedrigeren Schmelzpunkt zeigt, als nach seiner Analyse zu erwarten ist. Die Abweichungen sind aber auch damit zu begründen, daß der Schmelzprozeß langsamer vonstatten geht, wenn in der Probe die Flußmittel oder die Kieselsäure in festen Körnern oder zu Klümpchen zusammengeballt vorhanden sind. Da der Schmelzprozeß mit der Bildung einer kleinen Menge leicht schmelzbarer Lösung beginnt, kann nur der auf der Außenseite der Körnchen befindliche Teil in Wirksamkeit treten und die Bildung einer Lösung, also auch der Schmelzprozeß geht weniger schnell vonstatten als bei völlig gleichmäßiger Verteilung der Bestandteile der Probe. Zum Schmelzen ist einmal die genügend hohe Temperatur, dann aber auch genügende Zeit erforderlich, da zum Lösen eines festen Körpers immer eine gewisse Zeit nötig ist. Je weniger Zeit also für die Schmelzung verfügbar ist, um so mehr wird bei gleicher Zusammensetzung und bei gleicher Temperatur der Körper mit körnigen Beimengungen im Vorteil sein gegenüber

den völlig feinkörnig homogenen. Man wird deshalb vor der Herstellung des Probekörpers für eine möglichst weitgehende Zerkleinerung und gleichmäßige Mischung seiner Bestandteile sorgen müssen; auch ist es wichtig, die Probekörper nicht zu klein zu wählen, um dadurch die Einwirkung der einzelnen Bestandteile aufeinander und damit den Schmelzprozeß zu verlängern.

In allen Fällen, wo der Schmelzpunkt im Devilleofen höher gefunden wird, als der Analyse entspricht, ist mit der Möglichkeit zu rechnen, daß die Widerstandsfähigkeit des Tones beim andauernden Erhitzen des Steines in der Praxis nicht dem so ermittelten Schmelzpunkt, sondern dem der Analyse entspricht. Es wird dies der Grund sein, weshalb ein nach dem Ausfall der Schmelzprobe als geeignet erachteter Ton manchmal nach der Verarbeitung als Stein nicht die erwarteten Eigenschaften zeigt. Deshalb muß der Fabrikant eine gute Durchschnittsanalyse des ihm gelieferten Tones kennen, welche oft nicht mit der von dem Lieferanten angegebenen übereinstimmt. Trägt er dann den daraus rechnerisch ermittelten Schmelzpunkt in die vorstehend beschriebene Tabelle ein, so wird er stets einen Anhalt für die untere Grenze des Schmelzpunktes haben.

Die Methode von Ludwig sieht auf den erst Blick etwas kompliziert aus, ist aber in Wirklichkeit eine sehr einfache. Die graphische Darstellung der Analyse bietet den Vorteil, daß man verschiedene Tone gut miteinander vergleichen kann. Tone, die hier nahe zusammenstehen, sind einander in allen Eigenschaften ähnlich, solche, die weit entfernt voneinander stehen, sind auch in ihren Eigenschaften wesentlich verschieden. Die graphische Darstellung gibt also ein vollständiges Bild von der ganzen Natur der Tone, soweit sie chemisch ermittelt werden kann.

Für die Praxis besteht der Wert der Ludwigschen Methode darin, daß der Fabrikant seine eigenen ihm durch wiederholte Analysen genau bekannten Tone durch Eintragung in die Tabelle stets kontrollieren kann, was bei häufigem Wechsel in der Qualität derselben Tonlager von Wichtigkeit ist. Diese Eintragungen dienen gleichzeitig zur Kontrolle der durch Versuche gefundenen Schmelzpunkte. Hat man nun eine Reihe genau bekannter Tone in der Tabelle vereinigt, so ist man stets in der Lage, auf Grund einer Analyse neu angebotene Tonsorten mit den bereits bekannten zu vergleichen und daraus einen Schluß auf ihre Brauchbarkeit zu

ziehen. Es dürfte sich deshalb die allgemeine Einführung gedruckter Formulare nach Ludwigs System empfehlen.

Zu bemerken ist allerdings, daß erst die Tonhändler daran gewöhnt werden müßten, von ihren Tonlagern in kürzeren Zwischenräumen gute Durchschnittsproben zu entnehmen und diese von gerichtlich vereidigten Handelschemikern analysieren zu lassen. Danach müßten sie die Verpflichtung übernehmen, ein der Analyse auch wirklich gleichmäßig entsprechendes Material zu liefern, denn nur so ist der Fabrikant in der Lage, auch seinerseits eine Garantie für seine Fabrikate leisten zu können. Wer die Verhältnisse im Tonhandel kennt, weiß, welcher wunde Punkt bisher grade hier liegt.

Für die Beurteilung der Feuerfestigkeit und der Brenntemperaturen in den Öfen haben sich die Seegerkegel in der keramischen Industrie allgemein eingeführt und als brauchbar bewährt. Nachdem die Schmelzpunkte derselben in Celsiusgraden genau bestimmt sind, dürfte es sich für den Fabrikanten empfehlen, seinen Abnehmern die Feuerbeständigkeit bezw. den Schmelzpunkt seiner Fabrikate nicht nach Seegerkegeln, sondern nach Celsiusgraden anzugeben. Jeder gute Kaufmann richtet sich nach den Gebräuchen seiner Kundschaft. Der Hauptkonsument der feuerfesten Steine ist die metallurgische Industrie; dem Hüttenmann wird es aber nicht einfallen, in einem besonderen Falle mit Seegerkegeln zu rechnen, während er sonst stets gewohnt ist, seine Temperaturen nach Celsiusgraden zu bestimmen.

Ferner beträgt der Unterschied zwischen dem Schmelzpunkt von z. B. Seegerkegel 32 und 34 nur 40° C. Derart kleine Differenzen können bei einer Gesamttemperatur von 1700 bis 1800° C. kaum von großer Wichtigkeit sein, und man wird die Qualität der feuerfesten Steine mit mehr Recht nach ihren sonstigen Eigenschaften für bestimmte Zwecke als hauptsächlich nach ihrem Schmelzpunkt beurteilen müssen.

Für die Bewertung der Tone ist ihre Bindekraft zu beachten. Bei der großen Rolle, welche diese für jeden als Bindeton zur Verwendung gelangenden Ton spielt, sollte man diese Eigenschaft beim Einkauf viel mehr berücksichtigen, als es meistens geschieht, und es würde sich empfehlen, auch hierfür eine allgemein gültige Skala einzuführen. Manche Tone besitzen nur einen verhältnismäßig niedrigen Al_2O_3-Gehalt, gleichzeitig aber eine auffallend hohe Bindekraft, und man benutzt sie, um bei Verwendung von vieler Schamotte

und wenig Bindemittel einen hoch Al_2O_3-haltigen Stein zu erzeugen. Andere Tone benutzt man vorteilhaft nur als Schamotte, weil sie zwar einen hohen Al_2O_3-Gehalt, aber wenig Bindekraft besitzen und beim Brennen außerordentlich stark schwinden. Die letzteren sind meistens durch Verwitterung auf primärer Lagerstätte enstanden, während die Tone, welche einen natürlichen Schlämmprozeß durchgemacht haben, die Eigenschaft, plastisch zu sein, in höherem Grade besitzen. Je plastischer ein Ton ist, um so größer ist seine Bindekraft, gleichzeitig brennen sich die plastischen Tone am meisten dicht. In vielen Fällen, z. B. im Koksofenbetriebe, bewährt sich ein Stein, der aus einem weniger hoch Al_2O_3-haltigen, aber dicht brennenden Ton hergestellt ist, bedeutend besser als ein hoch Al_2O_3-haltender Stein von größerer Feuerfestigkeit, der aus einem sich weniger dicht brennenden Ton hergestellt ist.

Man findet die Bindekraft eines Tones leicht, wenn man feststellt, wie viele Teile davon nötig sind, um mit einer bestimmten Menge von Schamotte von 4 mm Korngröße einen guten Stein herzustellen.

Zu empfehlen ist stets der Bezug von derselben Tongrube und von einem als zuverlässig bekannten Lieferanten. Die Qualität des Tones wechselt oft schon in derselben Grube bedeutend, noch öfter aber ist sie, wie z. B. in der Rheinpfalz, in mehreren dicht nebeneinander liegenden Gruben verschieden. Deshalb ist es stets nötig, die einlaufenden Sendungen einer regelmäßigen Untersuchung durch chemische Analyse und Feuerfestigkeitsbestimmung zu unterwerfen.

Ein sehr plastischer, fetter Ton brennt sich sehr dicht, zerklüftet aber beim Trocknen und Brennen; er schwindet und muß deshalb durch geeignete Zusätze gemagert werden.

Weniger plastische, magere Tone enthalten von Natur schon viele Magerungsmittel, so daß man sie oft ohne weitere Zusätze zur Anfertigung feuerfester Steine, allerdings von geringerer Qualität, verwenden kann.

Das Schwinden des Tones wird durch Zusatz von Schamotte oder Quarz vermindert, im letzteren Falle auf Kosten der Feuerbeständigkeit. Sand bildet im Feuer mit dem Tonerdesilikat ein leichter schmelzbares Silikat und ist deshalb als Magerungsmittel nur bei der Herstellung geringerer Qualitäten verwendbar.

Unter dem Namen Schamottesteine kann man sämtliche feuerfesten Materialien zusammenfassen, welche mit Verwendung von Ton als Bindemittel hergestellt werden. Man bezeichnet sie im allgemeinen, und fälschlich als basische und teilt die Fabrikate, je nach der Verwendung von mehr Al_2O_3 oder SiO_2 haltenden Rohmaterialien ein in basische, d. h. reine Schamottesteine, in Halbschamotte- und in saure Steine.

Eine bessere Einteilung dürfte die folgende sein, in: „Tonschamottesteine", „Quarzschamottesteine" und in „Quarzsteine", bei der aus den Bezeichnungen deutlich ersichtlich ist, daß Tonschamottesteine nur Al_2O_3-haltige Bestandteile enthalten, Quarzschamottesteine aus SiO_2-haltigen Bestandteilen sowie aus Schamotte und Ton bestehen, während die Quarzsteine hauptsächlich aus SiO_2-haltigen Rohmaterialien zusammengesetzt sind, bei denen der Ton nur als Bindemittel dient.

Tonschamottesteine finden überall Anwendung, wo es sich um Einwirkung sehr hoher Temperaturen bei Schmelzprozessen mit basischen Schlacken handelt, z. B. im Unterbau der Eisenhochöfen.

Quarzschamottesteine benutzt man überall da, wo die Steine größeren Temperaturschwankungen und mechanischen Angriffen, z. B. durch heruntergehende Massen im Hochofenschacht, ausgesetzt sind.

Quarzsteine bewähren sich bei Schmelzprozessen mit sauren Schlacken und leisten der sogen. trockenen Hitze in den Deckengewölben der Öfen und den Angriffen durch Flugasche den besten Widerstand.

Die genauen Grenzen zwischen diesen drei Qualitäten lassen sich nicht ziehen, weil man in sehr vielen Fällen durch eine größere Verwendung von Al_2O_3 oder SiO_2 haltenden Rohmaterialien gezwungen ist, die Schamottesteine dem Verwendungszweck anzupassen, und weil die an sie gestellten Ansprüche oft sehr verschiedene sind.

B. Die Vorbereitung der Rohmaterialien.

Sämtliche Rohmaterialien müssen sorgfältig nach Qualitäten getrennt luftig unter gedeckten Schuppen gelagert werden, damit sie vor Regen und Schnee geschützt sind. Nur den Quarz lagert man gern im Freien, weil er durch den Regen nicht leidet, sondern

durch ihn von etwa anhaftenden erdigen Verunreinigungen gesäubert wird.

Steinstücke von alten Öfen sind oft durch Schlackenansätze verunreinigt und müssen durch Abschlagen davon befreit werden.

Der von den Gruben kommende Ton ist meistens sehr feucht und muß getrocknet werden. Dies geschieht am besten durch loses Lagern an der Luft unter seitlich offenen Schuppen. Es ist vorteilhaft, den Ton bereits in den Gruben auf diese Weise trocknen zu lassen und ihn dann erst in lufttrockenem Zustande auf gedeckten Waggons zum Versand zu bringen. Man spart dadurch Ausgaben für Frachten, Arbeitslöhne und Zeit, weil man dann den trockenen Ton sofort weiter verarbeiten kann. In einer größeren Fabrik können die durch den Bezug von grubenfeuchtem Ton entstehenden Mehrausgaben für Umlagern, künstliches Trocknen, höheren Kohlenverbrauch und Arbeitslöhne in einem Jahre viele tausend Mark betragen, die leicht vermieden werden, wenn man grundsätzlich nur lufttrockenen Ton in die Fabrik hineingelangen läßt.

Zur künstlichen Trocknung der Tone soll man niemals die Decken der Brennöfen benutzen, wie man es häufig sehen kann. Diese Decken dürfen nicht übermäßig belastet werden, auch leiden sie durch das auf ihnen stattfindende Hin- und Hertransportieren des Tones. Man leitet die Abhitze der Brennöfen auf ihrem Wege zum Kamin durch eine Trockendarre, wie sie in der Dinasfabrikation beschrieben wurde, und benutzt so die Abhitze der Öfen zum Trocknen des darüber ausgebreiteten Tones. Ist dies nicht möglich, so legt man in der Nähe des Lagerraumes eine durch Rostfeuerung geheizte gleichartige Trockenanlage an und benutzt diese zum Trocknen des Tones.

Die Temperatur auf den künstlichen Trockenanlagen darf nur so hoch gesteigert werden, daß sie genügt, um das hygroskopische Wasser aus dem Ton auszutreiben. In zu hoher Temperatur getrocknete Tone verlieren ihre plastische Eigenschaft und können dann nicht mehr als Bindemittel benutzt werden.

C. Das Brennen der Tone zu Schamotte.

Es ist nicht richtig, wenn für das Brennen des Tones ohne weiteres ein bestimmtes Ofensystem vorgeschlagen wird, wie man das gelegentlich in Fachzeitungen findet. Man wird stets erst fest-



stellen müssen, wie sich die einzelne Tonsorte beim Brennen verhält, ob eine in einer Kapsel in die Kammer eines Ofens mit eingesetzte Tonscholle ihre Form nach dem Brande bewahrt hat, oder ob sie in viele kleine Stücke zerfallen ist. Ist das erstere der Fall, dann kann man den Ton in jedem Ofen brennen, der zum Brennen der Steine benutzt wird; zerklüftet der Ton aber stark, dann würde in diesen Öfen die Flamme den Einsatz nicht genügend durchziehen können um ihn scharf zu brennen, und man wird sich dann eines entsprechend konstruierten Schachtofens mit Rostfeuerung bedienen.

Schiefertone, welche selbst viel Kohle oder Bitumen enthalten, wie die Rakonitzer und die schwedischen, kann man ohne Brennmaterialzusatz in offenen Haufen brennen oder dazu den aus der Eisenindustrie bekannten Siegerländer Röstofen mit kontinuierlichem Betrieb benutzen.

Bei Tonen, welche in den gewöhnlichen Brennöfen gebrannt werden können, hat man darauf zu achten, daß zwischen den Schollen genügende Durchgangskanäle für die Feuergase freibleiben müssen, wobei das Schwinden und Zusammenbrennen der einzelnen Tonschollen zu berücksichtigen ist. Man baut deshalb einige Abzugskanäle aus losen Steinen auf und setzt die Schollen um diese herum. Damit die Abzugskanäle in der Ofensohle nicht durch hineinfallende Brocken verunreinigt werden können, überdeckt man sie mit Steinen so, daß sie nach oben bedeckt sind, die Feuergase aber durch seitliche Öffnungen zwischen den Steinen abziehen können. Ebenso bildet man auf der Ofensohle entweder aus den Tonschollen selbst oder aus Steinen horizontale Abzugskanäle.

In besonderen Fällen, wo es sich um Erzeugung einer gleichmäßig sehr dichten und festgebrannten Schamotte handelt, läßt man den grubenfeuchten Ton durch eine Presse gehen, aus deren Mundstück der Tonstrang mit einem quadratischen Querschnitt von ca. 10 cm Seitenlänge austritt. Der Strang wird auf einem Abschneidetisch in ca. 250 mm lange Stücke geschnitten, die dann getrocknet und ebenso wie Steine in den Ofen gesetzt und gebrannt werden. Am Rhein nennt man das Kosackenbrennen.

Ein Schachtofen zum Brennen von leicht zerklüftendem Ton hat folgende Konstruktion.

Über einem als Abrutschkegel angeordneten Boden erhebt sich ein zylindrischer, im unteren Teile etwas erweiterter Schacht aus feuerfesten Steinen, der auf der Außenseite mit gewöhnlichen

Mauersteinen bekleidet ist und durch Eisenbänder zusammengehalten wird. Der Querschnitt des Ofens kann auch oblong gewählt werden, in welchem Falle man ihn mit 2 großen Feuerungen an den Längsseiten versieht. Am Boden, ca. 800 mm über der Hüttensohle, den Abrutschkanten entsprechend, befinden sich verschließbare Öffnungen, durch welche die gare Schamotte in davorstehende Karren abgezogen werden kann. Ca. 2 m höher an den Stellen zwischen den Ausziehtüren sind Rostfeuerungen angebracht, in denen von einem Podest aus die zum Brennen des Tones nötigen Feuer unterhalten werden. Die Feuergase treten in der Brennzone in das Innere des Ofens und brennen hier den ihnen von oben entgegenkommenden Ton zu Schamotte. Der Ton wird durch einen Aufzug oder auf einer schiefen Ebene auf die Gichtbühne des Ofens befördert und hier in geeigneter Stückgröße schichtenweise aufgegeben. Die mit Wasserdampf gesättigten Gase entweichen durch einen Kamin aus dem oberen Teile des Ofens ins Freie.

Der Ofen arbeitet kontinuierlich und braucht zur Bedienung einen Mann, der den Ton nach der Gicht befördert und hier aufgibt, und einen Mann, der die Feuerungen bedient und das Ziehen der Schamotte besorgt.

Die richtigen Dimensionen sind natürlich von Wichtigkeit, wenn der Ofen rationell arbeiten soll. Auf einem rheinischen Werke befand sich ein Ofen mit einem über dem Boden 3,8 m hohen zylindrischen Körper, dessen lichte Weite 3 m betrug. Die Feuergase traten in einer Höhe von 2,8 m durch 4 Öffnungen von 200 × 200 mm in das Innere. Die Folge dieser fehlerhaften Konstruktion war, daß beim Betriebe des Ofens ein ca. 1 m breiter Ring scharf gebrannter Schamotte erzeugt wurde, während in der Mitte des Ofens ein ca. 1 m dicker Zylinder ungarer Schamotte entstand. Nachdem die Brennzone durch den Einbau eines inneren Mantels auf einen Durchmesser von 1,5 m zusammengezogen war, übersah der Besitzer, daß die Feuerungen ebenfalls umgebaut werden mußten. Da dies nicht geschah und die Heizgase aus den viel zu kleinen Feuerungen einen längeren Weg als früher machen mußten, ergab der Ofen wieder ungenügende Resultate, die leicht hätten vermieden werden können.

Nachdem der Ofen vom Boden bis zur Brennzone durch Holz, Kohlen- und Koksabfälle, vermischt mit alten Steinstücken oder Schamotte, beschickt und in genügendes Feuer gebracht ist, nimmt

man die Rostfeuer in Betrieb, gibt den Ton auf, und kann nun je nach Bedarf die nötige Menge Schamotte bei der den einzelnen Tonsorten entsprechenden Temperatur herstellen. In der Brennzone sind um den Ofen herum verschließbare Öffnungen verteilt, durch die etwa an den Wänden anbackende Tonschollen von außen abgestoßen werden können.

Man ist beim Schachtofenbetrieb in der Lage, das Material beliebig lange im Ofen zu belassen, und erhält bei genügender Aufmerksamkeit des Schürers ein gleichmäßig scharf gebranntes Produkt ohne jeden Abfall und frei von Verunreinigungen.

D. Die Einrichtungen zum Mahlen und Mischen der Rohmaterialien.

Für die Anlage einer Schamottesteinfabrik gilt das in dem Absatz über die Dinasfabrikation Kapitel B im allgemeinen Gesagte in gleicher Weise. In den meisten Fällen wird die Fabrikation von Dinassteinen und von Schamottesteinen auf demselben Werk nebeneinander vorgenommen, wobei die Kraftmaschine die Arbeitsmaschinen beider Betriebe gleichzeitig antreibt und demgemäß genügend stark sein muß; auch können die Öfen, in denen Dinassteine gebrannt werden, zum Brennen von Schamottesteinen benutzt werden.

Wegen der größeren Zahl der verschiedenartigen Rohmaterialien, die stets in genügender Menge vorhanden sein müssen, und wegen der größeren Räume, die für die Arbeitsmaschinen sowie zum Formen und Brennen und zum Aufbewahren der nicht gebrauchten Formen nötig sind, muß das Grundstück entsprechend größer gewählt werden; auch ist eine Schreinerwerkstatt mit einer Kreis- und Bandsäge, den nötigen Arbeitsplätzen und genügendem Raum zum Lagern und Trocknen des Holzes für die Formen nötig, und die Reparaturwerkstatt für die Maschinen muß entsprechend größer gewählt werden.

Ferner müssen die Einrichtungen für die Schamotte- und Dinasfabrikation streng voneinander getrennt sein, was man am besten dadurch erreicht, daß man die Kraftmaschine in die Mitte zwischen beide Betriebe legt, womit gleichzeitig der Vorteil verbunden ist, daß die Transmission dauernd gleichmäßiger belastet wird.

Zum Zerkleinern und Mahlen der Rohmaterialien bediente man sich bisher vielfach eines bedeutenden Maschinenapparates. Die

einzelnen Substanzen wurden auf Steinbrechern, Walzwerken und Kollergängen, in Kugelmühlen, Schlagkreuzmühlen und Desintegratoren gemahlen, das Mahlgut wurde dann durch Becherwerke in obere Stockwerke gehoben, hier durch Siebwerke nach der Korngröße sortiert und nach Qualitäten getrennt bis zum weiteren Verbrauch gelagert.

Das Mischen geschah von Hand oder durch besondere Mischmaschinen.

Beim Mischen durch Handarbeit werden die einzelnen auf eine bestimmte Korngröße gemahlenen Rohstoffe in Karren von vorgeschriebener Anzahl zusammengefahren, auf dem Fußboden in Schichten übereinander ausgebreitet und mit der nötigen Menge Wasser angefeuchtet. Die so entstandenen „Betten“ werden mit der Schaufel gut durchgearbeitet und dann in den Tonkneter gegeben.

Diese Methode ist gut, und bei genügender Aufmerksamkeit des Vorarbeiters, welcher die Anfuhr der gemahlenen Materialien und das Fertigmachen der Mischung mit einer Kolonne ihm unterstellter Leute im Akkord zu übernehmen pflegt, sind Versehen in der Zusammensetzung der Mischungen ausgeschlossen.

Um die Handarbeit möglichst auszuschließen und um das Mischungsverhältnis der Rohstoffe zueinander vor den Arbeitern geheim zu halten, konstruierte Jochum eine von Krupp-Grusonwerk gebaute Teil- und Mischmaschine. Mit dieser können gleichzeitig mehrere verschiedenartige Rohstoffe in beliebiger Menge abgeteilt und miteinander gemischt werden. Der Arbeiter braucht nur die Rohmaterialien herbeifahren und in die dafür bestimmten Einwurfstrichter, die während der Arbeit stets gefüllt sein müssen, auskippen.

Diese Maschinen bestehen aus einer beliebig großen Zahl nebeneinander angeordneter Trichter, auf die event. größere Vorratsbehälter aus Holz oder Eisen aufgesetzt werden können. Die Trichter sind an ihrem unteren Teile mit 2 Öffnungen versehen; unter jedem Trichter ist ein drehbarer Teller mit messerartigen Abstreichvorrichtungen angebracht, die durch Handrad und Schraube genau eingestellt werden können. Durch gabelförmig geteilte Rutschen stehen die Teller mit einer darunter liegenden Mischschnecke in Verbindung.

Die miteinander zu mischenden Materialien werden einzeln aufgegeben und gelangen durch die Trichter auf die sich drehenden horizontalen Teller. Hier werden sie von den Abstreichern in dem für die Mischung gewünschten Verhältnis abgeteilt und in die Rutschen abgestrichen, durch die sie in die darunter horizontal liegende Mischschnecke gelangen. Letztere muß von dem letzten Trichter ab gemessen mindestens 3 m lang sein, damit eine innige Mischung der einzelnen Rohstoffe miteinander erreicht wird. Die richtige Einstellung der Abstreicher für die gewünschte Materialmenge kann zu jeder Zeit an einer Zeigerskala erkannt und überwacht werden.

Diese Maschine ist sehr sinnreich konstruiert, bedarf aber einer fortwährenden sorgfältigen Überwachung, damit sich die Abstreichvorrichtung nicht verstellt oder durch unberufene Hände verstellt wird. Der Prospekt sagt darüber: „Da das Abteilen der Materialien nach Raumteilen erfolgt, können kleine Schwankungen vorkommen, die von der physikalischen Beschaffenheit der Stoffe und von äußeren Einwirkungen abhängen." Dies ist bedenklich. Die Maschine wird vorzüglich geeignet sein, Rohstoffe von gleicher Korngröße und von gleichem hygroskopischen Wassergehalt miteinander zu mischen. Dagegen kann es bei einer Mischung von mehreren Teilen Schamotte von 4 mm Korngröße und einem Teil feingemahlenem Ton vorkommen, daß der Tontrichter durch feuchtes, zusammengeklebtes Material verstopft wird und, ohne daß dies sofort bemerkt wird, einige Zeit lang nur Schamotte in die Mischschnecke gelangt. Ähnliche Fälle sind in der Praxis vorgekommen und haben zu den unangenehmsten Folgen geführt.

Es hat sich nun auch in der Schamottesteinfabrikation herausgestellt, daß alle getrennten Maschinenanlagen zum Mahlen, Sieben und Mischen der Rohmaterialien überflüssig sind, die Anlage, deren Unterhaltungskosten sowie die Arbeitsweise unnötig verteuern und letztere zu einer komplizierten gestalten.

Man hat gefunden, daß es, um eine richtige und genügend gleichmäßige Zerkleinerung und Mischung der Rohstoffe zu erzielen, vollkommen genügt, dieselben in trockenem Zustande und in abgemessenen Mengen, bei harten Materialien in der vom Steinbrecher gelieferten Stückgröße, auf einen Koller zu geben. Die Läuferplatten des Kollers sind massiv; am äußeren Rande des Tellers ist ein horizontaler Siebboden angebracht; das genügend zerkleinerte Material

wird hier abgesiebt und der Knetmaschine zugeführt, das zu grobe wieder unter die Läufer gestrichen.

Zur Erzielung einer Mischung mit Quarzzusatz wird man einen schwereren Koller wählen, während zur Zerkleinerung und Mischung weicherer Rohmaterialien ein leichterer Koller genügt.

Man kann deshalb die früher vielfach benutzte Maschinenanlage zum Mahlen und Mischen auf die nötige Zahl von Steinbrechern und Mischkollern beschränken, spart dadurch an Anschaffungs- und Unterhaltungskosten sowie an Arbeitslöhnen und kann sämtliche Arbeiten auf einer Ebene vornehmen.

Der Transport der Rohmaterialien von den Lagerplätzen nach den Steinbrechern und Mischkollern geschieht durch Kippwagen, welche auf Schienengeleisen laufen. Vorteilhaft benutzt man hierfür auch überall leicht anzubringende Hängebahnen.

Die Steinbrecher werden so aufgestellt, daß sie das vorgebrochene Material direkt neben dem Mischkoller ablagern; die übrigen Rohstoffe werden daneben aufgestapelt und alles mit Handschaufeln in den der beabsichtigten Mischung entsprechenden Mengen auf den Koller gegeben.

E. Die Zusammensetzung der Mischungen.

Je nach den in den einzelnen Fabriken zur Verwendung kommenden Rohmaterialien, nach den daraus herzustellenden Qualitäten und nach den besonderen, von den Abnehmern gestellten Ansprüchen ist die Zusammensetzung der Mischungen eine sehr verschiedene.

Im allgemeinen soll der fertige Schamottestein eine gute Form zeigen, mechanisch fest sein, einen hellen Klang haben, hohe bezw. die höchsten Temperaturen vertragen können, gegen Temperaturwechsel möglichst unempfindlich und gegen mechanische Angriffe und chemische Einwirkungen von Flugasche, Feuergasen und Schlacken widerstandsfähig sein. Außerdem werden von den Verbrauchern noch Ansprüche mancherlei Art gestellt, z. B. an den Gehalt von Al_2O_3, Porosität, Wasseraufnahmefähigkeit, Säurebeständigkeit, Ansprüche, die manchmal schwer erfüllbar sind, deren Ausführung aber auch oft in keinem Verhältnis zu den dafür erzielten Verkaufspreisen stehen.

Früher war die Fabrikation der feuerfesten Steine eine verhältnismäßig einfache. Sie stützte sich auf das Vorkommen der



besten und damals billigen Tonsorten, arbeitete nach wenigen in der Praxis bewährten Rezepten mehr oder weniger empirisch und konnte die damals geringeren Ansprüche ihrer Abnehmer leicht befriedigen.

Durch den großartigen Aufschwung der die feuerfesten Materialien verbrauchenden Industrie zu Ende des letzten Jahrhunderts wuchs der Bedarf, gleichzeitig wuchsen aber auch die Ansprüche, die durch die veränderten Verhältnisse der immer intensiver arbeitenden metallurgischen Betriebe an das feuerfeste Material gestellt wurden.

Auf der anderen Seite erschöpften sich die alten, guten Tonlager, die früher weniger sachgemäß abgebaut waren, und die Besitzer begannen den Ton in mehrere Qualitäten zu sortieren. Während früher nur die besten Sorten abgebaut waren, ging man nun auch an die Gewinnung der geringeren Qualitäten, und die Verkaufspreise für die besseren stiegen entsprechend im Preise. Neue Fabriken entstanden, die Tone wurden auf weitere Entfernungen verschickt und die Verkaufspreise der Fabrikate durch die Konkurrenz der neueren Werke heruntergedrückt. Die Fabrikanten sahen sich allmählich gezwungen, ihre empirischen Arbeitsmethoden abzuändern, die Fabrikate den einzelnen Verbrauchszwecken mehr anzupassen, den Kreis ihrer Rohmaterialien zu vergrößern, bezw. für geringere Qualitäten den Verkaufspreisen mehr entsprechende Rohstoffe zu verwenden, und auf eine rationellere Ausnutzung ihrer Maschinen- und Ofenanlagen bedacht zu sein.

Durch wissenschaftliche Untersuchungen und ausgedehnte Versuche in der Praxis kamen neue und richtigere Anschauungen in die Fabrikation. Vereine und Fachzeitschriften beschäftigten sich eingehend mit den verschiedenartigsten Untersuchungen und durch den Eintritt von Hüttenleuten in die feuerfeste Industrie wurde vielfach eine leichtere Verständigung zwischen Fabrikant und Abnehmer möglich.

So sind allmählich bedeutende Umänderungen entstanden und die Industrie der feuerfesten Fabrikate hat sich zu einer hohen Blüte entwickelt; fast kann man heute annehmen, daß in der Verwendung der Rohmaterialien und in ihrer Verarbeitung kaum noch bedeutende Neuerungen möglich sind.

Während nun die feuerfesten Materialien eines der wichtigsten Werkzeuge der in Deutschland so riesig entwickelten metallurgischen Industrie darstellen, ist es auffallend, wie wenig die Produzenten

von ihren größten Abnehmern unterstützt werden. In den bedeutendsten Lehrbüchern der Hüttenkunde wird die Fabrikation der feuerfesten Materialien nur auf wenigen Seiten oberflächlich besprochen. Durchblättert man die Jahrgänge von „Stahl und Eisen“ oder der Vereinszeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, so wird man nur sehr selten auf eine kurze Originalabhandlung über ein feuerfestes Material und dessen Verhalten im Betriebe stoßen. Daß ein junger Hüttenmann einmal seine Ferienzeit dazu benutzt, um sich eingehender auf einer Fabrik mit der Herstellung der feuerfesten Materialien, ihren verschiedenen Qualitäten und deren Selbstkosten bekannt zu machen, kommt kaum einmal vor. Dabei hat gerade der Hüttenmann die beste Gelegenheit, in längeren Perioden das Verhalten der feuerfesten Materialien im Betriebe zu beobachten, und er wäre oft in der Lage, dem Fabrikanten anzugeben, welche besonderen Verhältnisse in seinem Betriebe zu berücksichtigen sind. Dazu ist es aber nötig, beiden Teilen Gelegenheit zu einem persönlichen Verkehr zu geben, anstatt sich einseitig auf das Einholen von möglichst vielen Offerten zu beschränken und dann das niedrigste Angebot zu berücksichtigen. Die Wahl eines teureren Materials von einem als reell bekannten Lieferanten ermöglicht es in vielen Fällen, einen Ofen länger im Betriebe zu halten, Reparaturen und die dazu nötigen Stillstände zu vermeiden, und es zeigt sich dann, daß das anfangs teurere Material sich in Wirklichkeit als das billigere bewährt hat. Die Verschiedenheit der einzelnen Betriebe spielt hierbei eine große Rolle. Es ist ein Unterschied, ob in einem Hochofen stets dieselbe Minette verhüttet wird oder ob in kurzer Zeit die verschiedenartigsten Erze verarbeitet werden, bezw. ob die Qualität des zu erblasenden Roheisens oft gewechselt werden muß, ob ein Ofen wochenlang gleichmäßig im Feuer steht oder ob er nur periodisch betrieben wird, und man kann oft beobachten, daß ein auf einem Hüttenwerke als gut bewährter feuerfester Stein in dem gleichen Betriebe eines anderen, anscheinend gleichartig arbeitenden, für weniger brauchbar gehalten wird.

Auch berührt es den Fachmann eigenartig, wenn gelegentlich eine Offerte für hochbasische Silikasteine von ihm verlangt wird, ein durchaus nicht selten dastehender Fall, der vielfach variiert werden könnte.

Es ist deshalb von großem Wert für den Fabrikanten feuerfester Materialien, wenn er selbst genügende hüttenmännische Kennt-

nisse besitzt und einen regelmäßigen persönlichen Verkehr mit seinen Abnehmern unterhalten kann, um sich so über alles für ihn Wissenswerte zu unterrichten. Er wird dann leichter in der Lage sein, Fehler in seiner eigenen Fabrikation abzustellen, seine Fabrikate dem Verwendungszweck anzupassen oder selbst geeignete Vorschläge für bestimmte Zwecke zu machen. Im letzteren Falle wird er manchmal Gelegenheit finden, den Nachweis zu liefern, daß ein bestimmtes Material für den beabsichtigten Zweck nicht brauchbar ist, dagegen ein anderes empfehlen können, oder darauf hinzuweisen, daß zu dem dafür ausgesetzten Preise ein wirklich brauchbares Material von einem reellen Fabrikanten nicht geliefert werden kann. Dazu ist es allerdings wünschenswert, daß die Verwaltungen großer Werke ihren Beamten Gelegenheit zu einem derartigen persönlichen Verkehr mit ihren Lieferanten geben, während es leider hier immer mehr Brauch wird, sich möglichst hermetisch gegen die Außenwelt abzuschließen. Dieser Selbstschutz gegen ein Überlaufenwerden mag gerade auf großen Werken in vielen Fällen berechtigt sein. Dem mit den jeweiligen Verhältnissen Unbekannten entstehen aber dadurch unnötige Aufwendungen an Zeit und Geld, und es würde sich im beiderseitigen Interesse gewiß überall ermöglichen lassen, gerade dem Fabrikanten der feuerfesten Materialien auf eine vorherige briefliche Anmeldung hin Gelegenheit zu einer mündlichen Aussprache im Betriebe selbst zu gewähren, ohne dadurch die Betriebsbeamten in unnötiger Weise in Anspruch zu nehmen.

Schließlich ist es sehr zu wünschen, daß die führenden Vereine der beiden miteinander arbeitenden Industriezweige mehr als bisher direkte Fühlung miteinander suchen und durch Vorträge und Veröffentlichungen in ihren Zeitschriften zur gegenseitigen Aufklärung beitragen, was für beide Teile von dauerndem praktischen Wert sein dürfte.

Die mechanische Festigkeit der feuerfesten Steine läßt sich durch richtige Mischung der Rohmaterialien, gutes Durcharbeiten im Tonkneter, sorgfältiges Formen und scharfen Brand leicht erreichen. Durch Nachpressen der lederhart vorgetrockneten Steine kann die Festigkeit erhöht werden.

Druckfestigkeitsproben von Schamottesteinen, welche so ausgeführt wurden, daß aus einzelnen Steinen Würfel von 10 cm Seitenlänge herausgesägt und der auf den Eisenhütten üblichen hydraulischen

Druckprobe unterworfen wurden, ergaben folgende Druckfestigkeit der Steine pro Quadrat-Zentimeter:

Kesselsteine	52	kg.
„ Ia. Qual. . .	81	„ (nachgepreßt?).
Schweißofensteine . . .	47	„
Kupolofensteine	48	„
Quarzschamottesteine . .	85	„
Koksofensteine	116	„
Tonschamottesteine . . .	142	„

Die Farbe des Schamottesteines soll gelblich bis weiß sein und hängt von den dazu verwendeten Rohmaterialien ab. Jedenfalls ist es unrichtig, nach dem bloßen Ansehen einen hellfarbigen Stein als schwach gebrannt zu beurteilen, dagegen deutet eine rötliche Farbe der Steine stets darauf hin, daß sie nur schwach gebrannt sind. Sie zeigen dann einen matten Klang und geringe Festigkeit.

Ein scharfgebrannter, dichter Stein gibt stets einen hellen Klang.

Die Fähigkeit, die höchsten Temperaturen zu ertragen, hängt von der Zusammensetzung der Steine ab, die demgemäß nach der Analyse der Rohmaterialien vorzunehmen ist.

Manche Steine, wie z. B. die Backofenplatten, die Türsteine der Koksöfen etc., brauchen nicht sehr feuerfest zu sein, sollen aber die Wärme nur allmählich abgeben oder schroffen Temperaturwechsel beim Abkühlen durch Bespritzen mit Wasser vertragen können. Man erreicht dies durch eine geeignete Körnung der Mischung, verbunden mit einer gewissen Porosität, und brennt die Steine in den untersten Lagen der Öfen nur schwach und nicht bis zum Sintern.

Die verlangte Unempfindlichkeit gegen chemische Einwirkungen der Schlacken, Flugasche, alkalischen Dämpfe erzielt man durch geeignete Zusammensetzung der Rohmaterialien, wobei man den Angriffen durch Basen basische Steine, denen durch Säuren saure Steine gegenüberstellt.

Je loser der Stein geformt ist, bezw. je mehr Wasser die dazu benutzte Masse enthalten hat, um so poröser wird der Stein werden und um so mehr Wasser aufnehmen können. Obgleich naturgemäß die Festigkeit des Steines mit der Zunahme der Porosität sinken muß, beanspruchen die Eisenhochöfen für das Gestell meist einen sehr festen Stein, der gleichzeitig eine möglichst große

Wasseraufnahmefähigkeit besitzen soll. Um dies zu erreichen, muß man bei der Anfertigung der Rohmaterialmischung den feinen Schamottestaub absieben und als Bindemittel einen besonders gut bindenden Ton verwenden. Über eine gewisse Grenze hinaus läßt sich die Wasseraufnahmefähigkeit nur durch Zusatz von feinem Sägemehl oder anderen Pflanzenstoffen zur Rohmaterialmischung vermehren.

Das gewöhnliche spezifische Gewicht eines guten Schamottesteines schwankt zwischen 1,8 und 2. Für besondere Zwecke, z. B. für die Ausmauerung von Heißwindleitungen der Hochöfen, benutzt man einen weniger feuerfesten, aber besonders leichten, porösen Stein. Diesen erzielt man durch Zusatz von Koks, Sägemehl oder Gerberlohe zu den übrigen Rohmaterialien, und ist dadurch in der Lage das spezifische Gewicht bis auf 0,8 herabzusetzen.

Steine für Wannen der Glashütten müssen ein sehr dichtes Gefüge und eine glatte Oberfläche besitzen, welche schwerer von der geschmolzenen Glasmasse angegriffen wird. Während des Betriebes werden diese Steine langsam von der Schmelzmasse aufgelöst und dürfen hierbei keine Trübungen derselben, sogen. Schlieren, hervorrufen. Man benutzt hierfür bestimmte Tone, welche zwar einen verhältnismäßig niedrigen Feuerfestigkeitsgrad besitzen, sich aber dicht brennen und in der Glasmasse klar lösen.

Säurefeste Steine brauchen keinen hohen Grad von Feuerfestigkeit besitzen, dagegen eine dichte, glatte Oberfläche und ein feinkörniges Gefüge. Man wählt dazu ein sehr dicht brennendes Rohmaterial und brennt die Steine sinterhart.

Nach Jochums Ausführungen (Tonindustrie-Zeitung 1903, S. 768) ist die Zusammensetzung der Steine, die Aufbereitung, Formgebung und der Brand dem Zwecke, dem sie dienen sollen, vom Gesichtspunkte der chemisch-technischen, pyrotechnischen und physikalischen Beanspruchung aus anzupassen. Der Gehalt an Al_2O_3 und an Flußmitteln, sowie die nach Seegerkegeln bestimmte Feuerfestigkeit sind nicht allein für die Haltbarkeit der Steine maßgebend, und es ist vollständig unberechtigt, allgemein diese allein für die Bewertung der Steine zu berücksichtigen. Es wird berechtigt sein, für den Unterbau eines Hochofens neben hohem Al_2O_3-Gehalt und hoher Feuerfestigkeit einen Maximalgehalt an Flußmitteln festzulegen, dagegen kann ein etwas höherer Gehalt an Flußmitteln in den Schachtsteinen des Hochofens geradezu vor-

teilhaft wirken, weil es hier weniger auf höchste Feuerbeständigkeit als auf größte Festigkeit und dichtes Gefüge ankommt, die Flußmittel zur Erzielung derselben beitragen und man deshalb mit einem daran reicheren Material einen dafür brauchbareren Stein herstellen kann, als mit den besten, an Flußmitteln ärmeren Rohstoffen.

Jochum hat mit seinen diesbezüglichen Ausführungen ein Thema angeschnitten, über welches mit den Hüttenleuten eine Verständigung herbeizuführen von großem Wert sein wird.

Ebenso ist Jochum stets den übertrieben hohen Anforderungen an den Al_2O_3-Gehalt der Schamottesteine entgegengetreten und hat nachgewiesen, daß derselbe bei Verwendung der besten Tone naturgemäß 42 bis 43 % nicht übersteigen kann und Steine mit höherem Al_2O_3-Gehalt mit Zusatz von Bauxit angefertigt werden müssen.

Man wird sich Jochums Ansichten insofern anschließen können, als die Erfahrung gezeigt hat, daß ein aus den besten Rohtonen und ebensolcher Schamotte zusammengesetzter Stein mit einem Al_2O_3-Gehalt von ca. 40 % den höchsten Anforderungen des Hochofenbetriebes vollständig genügt, wie die rümlichst bekannte Marke „Excelsior“ beweist. Deshalb wird es nur für ganz besondere Zwecke nötig sein, den Al_2O_3-Gehalt der Steine durch Zusatz von Bauxit noch weiter, bis über 60 % hinaus zu steigern.

Jochum selbst ist stets als prinzipieller Gegner jeder Verwendung von Bauxit aufgetreten und hat bereits im Jahre 1895 gemeinschaftlich mit einigen westdeutschen Firmen durch ein Rundschreiben öffentlich dagegen Stellung genommen, in welchem die Verwendung von Bauxit und der ihm verwandten Mineralien als durchaus verderblich und unreell bezeichnet wurde, weil diese Rohstoffe im Sinne der Anforderungen der Pyrotechnik und besonders der Hochofenindustrie nicht als feuerbeständig bezeichnet werden können und eine Reihe von Erfahrungen zur Verwerfung dieser Rohmaterialien geführt haben. Indes scheint dieser Standpunkt nicht haltbar zu sein, denn Heucken teilt in der Tonindustrie-Zeitung 1901 S. 1659 mit, daß er seit Jahren Schamottesteine mit einem Al_2O_3-Gehalt bis zu 70 % für mehr als 50 Hochofengestelle geliefert habe, und daß bei 5—6 jährigem angespanntesten Betriebe keine Störungen durch Durchbrüche vorgekommen sind, was er auf die besonders hohe Feuerbeständigkeit der Steine bis zu Seegerkegel 36, ihre hohe Widerstandsfähigkeit gegen die zerstörenden Angriffe der Schlacken und ihr besonders großes Wasseraufnahmevermögen zurückführt.

Diese Steine können nur mit Bauxitzusatz angefertigt sein, und solche günstigen Resultate aus der Praxis lassen JOCHUMS Anschauungen doch nicht mehr als allgemein gültig erscheinen. Es wird hier weniger die Verwendung des Bauxites überhaupt, als die richtige Herstellung der Steine die Hauptrolle spielen.

In Öfen, deren Steine besonders starken Angriffen durch Alkalien ausgesetzt sind, haben sich Bauxitsteine ebenfalls sehr bewährt. In einem Ofen, dessen Schamottesteine mit 36—40 % Al_2O_3 nach dem zweiten bis dritten Brande erneuert werden mußten, wurden auf Vorschlag des Verfassers mit Bauxitzusatz angefertigte Steine geprüft und zeigten sich nach 10 Bränden an den Kanten mechanisch abgenutzt, dagegen waren sie chemisch kaum angegriffen. Für derartige Zwecke wird demnach ein Bauxitstein unbedingt jedem Schamottestein vorzuziehen sein.

Als unreell wird man die Verwendung von Bauxit erst dann bezeichnen müssen, wenn derselbe gegen den Willen des Bestellers als Zusatz benutzt wird, um bei Verwendung geringwertiger anderer Rohmaterialien einen Stein von höherem Al_2O_3-Gehalt herzustellen.

Manche Konsumenten, welche aus den bereits besprochenen Gründen weniger mit den Eigenschaften der Rohmaterialien und mit der Fabrikation der feuerfesten Produkte vertraut sind, suchen ihr Heil in der Verwendung von Schamottesteinen mit möglichst hohem Al_2O_3-Gehalt, ohne zu bedenken, daß die Selbstkosten der Steine mit dem zunehmenden Al_2O_3-Gehalt steigen und deshalb auch der Verkaufspreis ein höherer sein muß. Sie sind gewohnt, für einen bestimmten Stein einen bestimmten Preis zu bezahlen, und glauben nicht, daß Änderungen ihrer Ansprüche an die Qualität größere Änderungen in der Fabrikation bedingen. In Jahren einer zurückgehenden geschäftlichen Konjunktur sind die Fabrikanten, welche vielleicht in Jahren eines allgemeinen Aufschwunges der Industrie ihre Anlagen entsprechend vergrößert hatten, gezwungen, unter jeder Bedingung Aufträge zu übernehmen, um nur ausreichende Beschäftigung für ihre Fabriken zu haben. Aus Furcht vor der Konkurrenz wagen sie es nicht, in solchen Fällen ihre Preise auf der den Selbstkosten entsprechenden Höhe zu halten. Man ist oft erstaunt, zu hören, zu welchen niedrigen Preisen bei solchen Gelegenheiten Offerten abgegeben werden, und muß sich dann sagen, dem Lieferanten ist entweder nur darum zu tun, unter allen Umständen Be-

schäftigung zu finden und die bisherige geschäftliche Verbindung mit einem Kunden nicht zu verlieren, oder er sucht mit allen Mitteln eine neue Geschäftsverbindung anzuknüpfen, in der Hoffnung, bei späteren Aufträgen den jetzt entstehenden Verlust wieder einzubringen, oder er kann überhaupt nicht rechnen. Es kommt aber vor, daß ein Fabrikant genau weiß, der vorliegende Auftrag kann von ihm nicht in reeller Weise ausgeführt werden; er setzt sich aber darüber hinweg und überläßt das Weitere seinem Glück und dem Zufall. Der Besteller sucht sich natürlich durch entsprechende Bedingungen zu schützen und verlangt einen bestimmten Gehalt an Al_2O_3 und ebenso eine bestimmte Feuerfestigkeit. Es wird dann nur selten vorkommen, daß der Fabrikant demgegenüber erklärt, er sei nicht in der Lage, den Auftrag zu dem angebotenen Preise zu übernehmen, und müsse deshalb von der Abgabe einer Offerte absehen. Der Fachmann sieht sofort mit bloßem Auge, ob für einen guten Schamottestein ausschließlich Schamotte und Ton verwendet wurden oder ob die Schamotte durch billigere Ersatzmittel ersetzt ist. Der höhere Al_2O_3-Gehalt, den letztere nicht besitzen, kann durch einen kleineren Zusatz von Bauxit erreicht werden. Die später von dem Abnehmer angestellte Untersuchung der Steine zeigt, daß der Al_2O_3-Gehalt den gestellten Bedingungen entspricht, sie sagt ihm aber nicht, aus welchen Rohmaterialien der Stein zusammengesetzt ist. Indes, er ist mechanisch fest, scharf gebrannt, feuerbeständig und entspricht somit den gestellten Anforderungen. Wie er sich aber später im andauernden Betriebe bewährt, ist eine zweite Frage, deren Beantwortung nicht immer zur Zufriedenheit des Abnehmers ausfällt. Dabei ist der Fabrikant selten in der Lage, hierfür eine längere Garantie übernehmen zu können, da eine nicht sachliche Behandlung der Steine im Betriebe, die fast niemals kontrolliert werden kann, ebensoleicht eine vorzeitige Zerstörung zur Folge haben kann, als die unrichtige Zusammensetzung derselben.

Es ist schwer zu sagen, wer an derartigen Vorkommnissen die größere Schuld trägt: der mit den Fabrikationsbedingungen nicht vertraute und in unrichtiger Weise zu sparen suchende Besteller oder der unter dem Zwange der allgemeinen Geschäftslage und der Konkurrenz stehende Fabrikant. Wünschenswert ist aber auch hier, daß durch Aufklärung in weiteren Kreisen gesundere Verhältnisse eintreten, die nur auf gegenseitigem Entgegenkommen gegründet werden können.

Um Steine von einem bestimmten Gehalt an SiO_2 oder Al_2O_3 herzustellen, hat man für die Zusammensetzung der Mischung die Analysen der einzelnen Rohmaterialien zu berücksichtigen und den Ton wegen seines Wassergehaltes stets mit den für die daraus gebrannte Schamotte gültigen Zahlen zu bewerten. Legt man seinen Berechnungen stets die niedrigsten durchschnittlichen Analysenwerte zugrunde, so wird man meistens die vorgeschriebenen Gehalte der Steine an SiO_2 oder Al_2O_3 etwas überschreiten und damit spätere Reklamationen vermeiden.

Auf Grund der durch Rechnung gefundenen Zahlen läßt man die Rohstoffe für die einzelnen Mischungen nach Gewichten zusammensetzen.

F. Die Vorbereitung der Mischungen zum Formen.

Um aus den fertigen Mischungen Steine formen zu können, muß die Masse durch Zusatz von Wasser plastisch gemacht und durch Kneten von der eingeschlossenen Luft befreit werden. Hierzu bedient man sich, je nach den örtlichen Verhältnissen, stehend oder liegend angeordneter Tonkneter, wie sie für die Vorbereitung der Masse in den Ziegeleien benutzt werden.

Die Rohmaterialmischung wird auf dem Fußboden neben oder über dem Tonkneter ausgebreitet, schichtenweise mit der nötigen Wassermenge übergossen, gut durcheinandergeschaufelt und dann von dem Tonkneter weiter verarbeitet. Um einen kontinuierlichen Betrieb zu erzielen, legt man mehrere derartige Betten nebeneinander an, meistens 3, von denen das eine fertiggestellt wird, das zweite einige Zeit liegen bleibt, damit die Masse gleichmäßig vom Wasser durchzogen wird, und das dritte auf den Tonkneter gegeben wird.

Da, wo die Mischung durch Maschinen erfolgt wird, führt man sie meist direkt von diesen in den Tonkneter. Beim Eintritt in letzteren treffen die Rohmaterialien mit der aus einer Wasserleitung hinzutretenden regulierbaren Wassermenge zusammen und werden nun mit dieser zusammengeknetet und gleichzeitig entlüftet.

Bei liegenden Tonknetern läßt man das Wasser aus einer Brause zu den Rohmaterialien treten, bei stehenden führt man die Wasserleitung ringförmig an der Innenseite des oberen Randes entlang und läßt das Wasser aus gleichmäßig auf den Ring verteilten Löchern in nach der Welle gerichteten Strahlen heraustreten.

Im Durchschnitt beträgt die Gesamtmenge des Wassers ca. 20% vom Gewicht der Mischung, doch ist die Wasseraufnahme verschieden, je nachdem der Ton mehr oder weniger scharf getrocknet war. Es ist vorteilhaft, den Wasserzusatz stets so niedrig wie möglich zu halten, denn ein Zuviel stellt einen unnötigen Ballast dar, welcher durch das Trocknen wieder entfernt werden muß und Zeitverlust verursacht. Außerdem schwinden die damit hergestellten Steine stärker, sind weniger dicht im Gefüge und deshalb nach dem Brande weniger fest.

Mischungen, welche für besondere Zwecke besonders dicht und gleichmäßig sein müssen, läßt man mehrere Male durch den Tonkneter verarbeiten, vom zweiten Male ab natürlich ohne erneuten Wasserzusatz.

Wenn man mit geschlossenen Tonknetern arbeitet, ist es vorteilhaft, den Mantel derselben der Länge nach zu teilen, damit man ihn mit wenigen Handgriffen auseinandernehmen kann, wodurch die Arbeit beim Reinigen und bei Reparaturen sehr erleichtert und beschleunigt wird. Das Innere des Mantels wird durch die stark schleifenden Massen schnell angegriffen; es empfiehlt sich deshalb, ihn durch einen leicht auswechselbaren Innenmantel aus Blech oder Hartguß zu schützen.

Es ist nicht bräuchlich, die Rohtone durch Faulenlassen oder Mauken aufzuschließen, sondern man begnügt sich mit der möglichst feinen Zerkleinerung des trockenen Materiales. Dagegen ist es vorteilhaft, die vom Tonkneter gelieferten fertigen Mischungen in fest zusammengeschlagenen, feucht gehaltenen Haufen in kühl gehaltenen Räumen längere Zeit zu lagern, ehe man sie nach der Formerei abführt, weil dadurch die Plastizität des Bindetons erhöht wird.

Die Größe und der Anschaffungspreis der bisher genannten Maschinen, ebenso die Zahl der für ihre Bedienung gebrauchten Arbeiter richten sich nach der Größe ihrer Tagesleistung, deshalb können dafür keine Zahlen angegeben werden.

G. Das Formen der Schamottesteine.

Die Formräume liegen meist in den oberen Stockwerken eines Gebäudes, welches auf ebener Erde eine Ofenanlage enthält, deren strahlende Wärme man für das Trocknen der Steine nutzbar macht.

Steine von gewöhnlichen Dimensionen können direkt vom Tonkneter in der gleichen Weise wie Ziegelsteine hergestellt werden, indem man an den Auslauf des Tonkneters ein Mundstück anbringt und die Steine auf einem Abschneidetisch von dem austretenden Strang abschneidet. In diesem Falle muß die Masse eine feinere Körnung haben, weil zu grobe Körner einen sauberen Schnitt unmöglich machen; auch muß sie sehr plastisch sein, weil sie sonst dem Abschneidedraht einen zu großen Widerstand leistet und häufiges Reißen desselben verursacht. Die so hergestellten Steine werden gewöhnlich vorgetrocknet, bis sie lederhart geworden sind, dann unter starkem Druck auf Handpressen nachgepreßt und danach fertig getrocknet und gebrannt.

Diese Herstellungsweise ist nicht sehr verbreitet, und man formt die Schamottesteine meistens durch Handarbeit.

Die Formmasse wird am besten in Hängebahnwagen von den Lagerplätzen abgeholt, durch einen Aufzug nach den einzelnen Stockwerken der Formerei gehoben und hier von einer an sämtlichen Arbeitsplätzen vorbeilaufenden Hängebahn auf die einzelnen Formtische gebracht.

Die Steine werden in Formen aus hartem Holz geformt, deren einzelne Teile fest miteinander verbunden sein müssen und an den der Abnutzung besonders ausgesetzten Stellen mit Bandeisen benagelt werden. Da die Steine beim Trocknen und Brennen schwinden, und zwar nach verschiedenen Dimensionen in verschiedenem Maße, muß das Schwindmaß der einzelnen Qualitäten bei der Anfertigung der Formen beachtet werden. Die Formen für komplizierte Steine müssen mit entsprechenden losen oder festen Einlagen versehen werden und oft zum Auseinandernehmen eingerichtet sein. Man läßt sie vorteilhaft in der eigenen Schreinerwerkstatt nach besonderen Zeichnungen von gut eingearbeiteten Modellschreinern herstellen und mit der Nummer des Steines, für den sie bestimmt sind, versehen. Für manche Zwecke wird eine große Zahl verschiedener Formen gebraucht, die einen bedeutenden Wert besitzen. Man hebt diese für event. spätere Nachbestellungen in einem nicht zu trockenen Raume auf und findet oft Gelegenheit eine seit Jahren nicht benutzte Form entweder direkt oder mit einer leicht vorzunehmenden Abänderung wieder zu benutzen.

Längere Zeit nicht gebrauchte Holzformen legt man erst einige Zeit in Wasser, bevor sie wieder verwendet werden.



Die Werkzeuge des Formers bestehen aus einem Tisch mit schwach nach vorn geneigter Platte, einer abgehobelten Gußeisenplatte als Unterlage beim Formen, einem Handspaten mit kurzem Griff zum Abstechen der Masse, einem Kasten mit Sand oder Schamottemehl, einem in einen Eisenbügel gespannten oder an den Enden auf Handgriffe aufgewickelten Abschneidedraht, einem Streicheisen und einigen Spateln in Gestalt kleiner Mauerkellen zum Nachputzen der Steine. Die Arbeitstische sind transportabel und stehen in bezw. dicht neben den Trockenräumen oder -gerüsten. Die Formräume sind mit Holzdielen auf einer kräftigen Balkenunterlage versehen; Zementfußböden haben sich in den oberen Räumen nicht bewährt, weil Holzdielen die kräftigen Schläge beim Formen der Steine elastisch aufnehmen, während der Zementboden unter den Füßen der Formtische bald zerbröckelt.

Der Former bestreut die eine Hälfte der Tischplatte mit einer dünnen Schicht Sand oder Schamottemehl, je nach der sauren oder basischen Qualität der Formmasse, um das Anhaften derselben auf der Tischplatte zu hindern. Dann sticht er mit dem Handspaten eine genügende Menge von seinem Massevorrat ab und formt auf der Tischplatte durch Kneten und Walzen einen der Form und Größe des Steines entsprechenden Ballen. Er hat darauf zu achten, daß keine harten Knoten, die durch stellenweises Zusammentrocknen der Masse entstanden sind, mit in den Ballen kommen, und daß dieser nicht aus einzelnen gerollten Teilen zusammengesetzt wird, welche sich nicht miteinander verbinden, sondern daß die einzelnen Teile mit frisch abgebrochenen oder abgestochenen Flächen zusammengefügt werden. Der Ballen wird einige Male mit den verschiedenen Flächen kräftig auf den Tisch geworfen, damit sich die Masse möglichst dicht zusammenfügt, und dann mit voller Kraft in die auf der Eisenplatte liegende, mit Sand oder Schamottemehl ausgestreute Form geworfen. Nun wird der Ballen mit der Form einige Male kräftig auf die Unterlage aufgeschlagen, damit die Ecken und Kanten des Steines scharf ausgebildet werden, und dann die über die Form hinausstehende Masse mit dem Abschneidedraht abgeschnitten. Findet man, daß die Ecken oder andere Stellen nicht genügend mit Masse ausgefüllt sind, so rauht man diese Stellen auf und füllt sie mit Masse aus. Die Oberfläche des Steines wird nun mit dem in Wasser getauchten Streicheisen glatt gestrichen, mit Streumaterial bestreut und mit einer Holzplatte, auf der der Stein nachher nach dem

Trockenraum abgetragen wird, bedeckt. Man dreht nun das Ganze um, glättet und verputzt die bisherige untere Seite des Steines in der gleichen Weise, löst ihn durch vorsichtiges Klopfen und Stauchen aus der Form und zieht diese ab, worauf der Stein in den Trockenraum gebracht wird.

Größere Steine und solche, die nicht mehr von einem Manne gehoben werden können, werden auf dem Fußboden auf einer glatt gehobelten hölzernen Unterlage geformt.

Die Arbeiter werfen die einzelnen Massebrocken kräftig in die unteren Ecken und an die Kanten der Form, füllen diese dann in gleicher Weise bis zu einer gewissen Höhe an und schlagen die Masse nun mit naßgemachten Holzhämmern und -schlegeln fest. Danach wird die Oberfläche mit einer Kratze aufgerauht und die Form schichtenweise weiter gefüllt; im übrigen wird der Stein in der eben beschriebenen Weise behandelt. Hohlräume in den Steinen stellt man dadurch her, daß man entsprechende Kerne aus Holz in die Form einlegt, den Stein wie sonst formt und die Kerne nachher herauszieht.

Besonders große und dichte Steine formt man aus einer nur sehr wenig Wasser enthaltenden Masse, welche nur noch geringe Plastizität und nur eben noch die nötige Bindekraft besitzt. Von dieser Masse wird eine ca. 10—15 cm hohe Schicht in die Form gebracht und mit schweren eisernen Stampfern, deren untere Fläche mit Einkerbungen versehen ist, gründlich festgestampft. Die Oberfläche wird dann wieder aufgerauht, eine neue Lage Masse daraufgestampft usf., bis der Stein fertig ist. Das Trocknen solcher Steine geht verhältnismäßig schnell vor sich, weil die Masse nur wenig Wasser enthält; die Steine werden sehr dicht, die Schwindung ist geringer, weshalb beim Trocknen und Brennen weniger leicht Risse entstehen. Da die Steine sich gar nicht oder nur sehr schwer aus der Form lösen lassen, muß diese auseinandergenommen werden können.

Scharfe innere Ecken bei Aussparungen oder Vorsprüngen sind nach Möglichkeit schwach abzurunden, weil hier Spannungen entstehen, die beim Trocknen und Brennen leicht zum Reißen führen. Um ein Reißen dieser Stellen zu verhindern, bedeckt man sie während des Trocknens mit dünnen Rollen aus feuchter Masse.

Für die Massenfabrikation kleiner Steine in normalen Formaten benutzt man die in dem Kapitel über die Herstellung der Dinassteine S. 27 beschriebene Schlagpresse in der gleichen Weise.

Die Masse für Röhren läßt man meistens zweimal durch den Tonkneter gehen, und zieht die Röhren dann aus einer mit einem entsprechend geformten Mundstück versehenen, stehend oder liegend angeordneten Presse. Sie werden in geeigneten Schablonen abgefangen, auf die richtige Länge geschnitten, verputzt und dann zum Trocknen aufgestellt[1]).

Gespannsteine für Stahlgießereien formt man entweder in der gleichen Weise wie gewöhnliche Steine in einer Form, durch welche ein der Durchgangsöffnung entsprechendes Gasrohr gesteckt ist und die anderen Öffnungen mit blechernen Schellen ausgestochen werden, oder man zieht sie auf einer Ziegelpresse vor, schneidet den Strang in die nötigen Längen und gibt ihnen dann durch Handarbeit die endgültige Form.

Für Stopfenstangenrohre werden die Ballen entweder mit der Hand geformt oder man zieht die Rohre ebenfalls aus einer Strangpresse roh vor und schneidet die gebrauchten Längen von dem Strange ab. In beiden Fällen wird der rohe Ballen in eiserne geölte Formen gebracht und dann durch eine Spindel- oder Hebelpresse über einem Dorn fertig gepreßt.

Für Stopfen und Ausgüsse stellt man ebenfalls die Rohballen mit der Hand her und gibt ihnen in geölten Stahlformen über entsprechenden Dornen durch sehr kräftiges Einschlagen mit schweren Hämmern die endgültige Form.

Muffeln in größeren Formaten werden gewöhnlich aus einzelnen durch Nute und Feder ineinander greifenden Platten hergestellt. Kleinere ungeteilte Muffeln formt man aus freier Hand über einem Holzmodell.

Muffeln zur Zinkgewinnung und Glashäfen zum Schmelzen des Glases werden auf den Zink- bezw. Glashütten selbst hergestellt und sind nicht als Verkaufsprodukte der Fabriken feuerfester Materialien zu betrachten. Es kann deshalb auf das von Bischof in seinem Buche „Die feuerfesten Tone“ darüber Gesagte verwiesen werden.

Dagegen ist die Herstellung der Gasretorten für uns von besonderer Wichtigkeit und erfordert eine genauere Beschreibung. Die hierfür benutzte Schamotte besteht aus scharf gebrannten Kapselscherben, welche durch ein Walzwerk oder einen Koller zerkleinert werden,

[1]) Stehend getrocknete Röhren pflegen sich während des Trocknens zu stauchen, und zeigen später am unteren Ende einen größeren Querschnitt als am oberen; man muß sie deshalb in den ersten Tagen des Trocknens öfter umdrehen.



damit die einzelnen Körner eine möglichst scharfkantig gesplitterte, unregelmäßige Form erhalten, an denen der Bindeton gut anhaftet. Um den Retorten eine möglichst große Unempfindlichkeit gegen Temperaturwechsel zu geben, verwendet man die Schamotte in ziemlich grober Körnung und siebt dieselbe durch ein Sieb mit Maschen von 1 qcm Weite; die durch dieses Sieb nicht hindurch gehenden Körner gehen als zu grob nach dem Walzwerk zurück. Der Rest wird durch ein Sieb von 3—4 mm Maschenweite in 2 Teile geteilt und man benutzt für die Mischung 7—8 Teile der Schamotte von 4 bis 10 mm Korngröße und 2—3 Teile des feineren Materiales. Aus letzterem werden die feinsten Teilchen wieder durch ein Sieb mit 1 mm Maschenweite ausgesiebt, ehe es für die Fabrikation benutzt wird. Als Bindemittel benutzt man Kaolinton [von Halle] gemischt mit einem sehr dicht brennenden plastischen Ton. Der Kaolinton allein besitzt nicht die Plastizität und das Bindevermögen, um die Schamottekörner genügend miteinander zu vereinigen, ergibt aber beim Brennen ein sehr zähes und widerstandsfähiges Material; der dichtbrennende, plastische Ton allein würde dagegen als Bindemittel genügen, aber zu spröde sein, aus dem Grunde verwendet man beide gemeinschaftlich ungefähr im Verhältnis von 2 : 1.

Die Rohmaterialien werden in gleichmäßigen dünnen Schichten gemeinschaftlich gründlich gesumpft und dann ein- bis zweimal im Tonkneter zu einer möglichst homogenen Masse verarbeitet. Bevor die fertige Mischung zum Formen benutzt werden kann, wird ihr das Wasser so weit wieder entzogen, bis sich kleinere Stücke nur noch schwer mit der Hand kneten und nur durch kräftiges Schlagen zu größeren Ballen vereinigen lassen. Zu dem Zwecke formt man aus der Mischung kleine Ballen von ca. 10 cm Länge und 5 cm Dicke, die man auf dem Fußboden zum Trocknen ausbreitet und unter öfterem Umwenden so lange liegen läßt, bis sie den genügenden Grad der Trockenheit erreicht haben. Danach bildet man aus den kleinen Stücken wieder größere Haufen, die man schichtenweise mit Holzschlegeln kräftig zusammenschlägt, wobei man die zu stark getrockneten Teile wieder schwach anfeuchtet und das Ganze zu einer dichten Masse vereinigt, welche, mit feuchten Tüchern bedeckt, längere Zeit liegen bleibt, damit sich die Feuchtigkeit im Inneren ausgleichen kann.

Nachdem die Mischung genügend vorbereitet ist, sticht der Former mit einem Handspaten dünne Scheiben von ca. 10 cm Länge

und 5 cm Dicke ab und vereinigt diese beim Formen durch sehr kräftiges Schlagen mit einem kurzstieligen Handhammer aus Rundeisen von ca. 8 cm Länge und 5 cm Dicke.

Die Form besteht aus einer Bodenplatte und dem Mantel; der letztere ist in ca. 80 cm hohe Teile geteilt, welche beim Fortschreiten der Arbeit aufeinandergestellt und fest miteinander verschraubt werden. Die einzelnen Teile sind aus 3 horizontal liegenden kräftigen Bohlenstücken gebildet, welche durch kräftige vertikale Leisten miteinander verbunden sind und nach der Innenseite der Form einen dem Äußeren der Retorte entsprechenden Ausschnitt enthalten. In letzterem sind die die eigentliche Form bildenden Bretter nach Art der Faßdauben angebracht. Ferner sind die einzelnen Teile der Form der Länge nach geteilt, damit sie nach Fertigstellung der Retorte von dieser abgenommen werden können. Vor dem Gebrauch wird die Form mit Öl ausgestrichen.

Nachdem die Bodenplatte genau horizontal gelegt ist, stellt der Former den Boden der Retorte her. Dann wird der unterste Teil des Mantels aufgestellt, die Retorte in ringförmigen Lagen von unten nach oben geformt und jedes fertige Stück sofort sauber ausgeputzt und geglättet. Das Formen über einem inneren Kern hat sich als unnötig erwiesen; ein geübter Arbeiter ist in der Lage, die verlangte Wandstärke auch ohne den Kern genau einzuhalten; er kann sorgfältiger arbeiten, weil er die Arbeitsstelle stets vor Augen hat und dauernd beobachten kann und durch den Kern nicht am kräftigen Einschlagen der Masse behindert ist. Das oberste Stück des Mantels ist ein Formstück, welches das verstärkte Ende herzustellen gestattet, in dem die Löcher für die Steinschrauben ausgeschnitten werden, durch welche später der Deckel auf der Retorte befestigt wird. Nach Beendigung der Formarbeit werden allmählich die einzelnen Mantelteile von oben nach unten zu abgenommen, die Außenseite der Retorte wird sauber geputzt und geglättet und die schließlich freistehende Retorte in dem geheizten Formraum sehr langsam und allmählich getrocknet. Nachdem dies geschehen ist, wird die Retorte auf einen entsprechend gebauten zweirädrigen gefederten und gepolsterten Transportwagen gelegt; ein Arbeiter kriecht auf einem Brett liegend hinein, fegt die Innenwand von allem anhaftenden Staub sorgfältig sauber und verputzt sie mit einem feinen, aus staubförmiger Schamotte und Ton aufgeschlämmten Mörtel, wodurch die noch vorhandenen Poren geschlossen werden. Nachdem



dieser Verputz getrocknet ist, kann die Retorte noch mit einer inneren Glasur versehen und nach dem Brennofen gefahren werden.

Sämtliche Steine werden mit der Nummer des Formers und einem auf die zugehörige Bestellung bezüglichen Kennzeichen gestempelt.

Die durchschnittliche Tagesleistung eines Handformers ist in 10 Arbeitsstunden mit 2,2 t, auf das Gewicht der gebrannten Steine und für Normalformat berechnet, anzunehmen. Bei Fassonsteinen ist die Leistung je nach der Schwierigkeit der Formen entsprechend geringer.

H. Das Trocknen der Steine.

Die Trockenräume müssen warm und gut ventiliert sein, doch sind die Steine vor Zugluft zu bewahren, weil sie in derselben leicht reißen, auch müssen sie langsam und gleichmäßig trocknen.

Zum Erwärmen benutzt man vorteilhaft die strahlende Wärme einer unter dem Trockenraum liegenden Ofenanlage, anderenfalls muß dieser im Winter durch eine Dampfheizung erwärmt werden, oder man saugt die heiße Luft durch Exhaustoren aus den abkühlenden Brennöfen und führt sie durch Rohrleitungen in die Trockenräume.

Gewöhnlich trocknet man die Steine im Formraum, der so eingerichtet ist, daß die Arbeitstische der Former an der einen Längsseite stehen und die Steine von hier in daneben befindliche Stellagen abgelegt werden können. Auf der anderen Seite läßt man einen genügend breiten Gang frei, auf dem die Steine, welche nicht sofort zum Brennen nach den Öfen gebracht werden können, aus den Stellagen ausgerüstet und aufgestapelt werden können. Jeder Former muß so viel Platz in den Stellagen zur Verfügung haben, daß er darin die Produktion von 2—3 Tagen ablegen kann, und das Umsetzen der Steine, das stets mit Verlusten oder Beschädigungen verbunden ist, nach Möglichkeit eingeschränkt oder ganz vermieden wird.

Größere Steine, die nicht in den Stellagen untergebracht werden können, werden auf dem Fußboden getrocknet, und die hierfür bestimmten Formräume müssen eine genügend große Bodenfläche besitzen.

Je nach der Größe der Steine und der Temperatur des Trockenraumes schwankt die zum Trocknen nötige Zeit von wenigen Tagen bis zu mehreren Wochen. In der Zeit müssen größere Steine regelmäßig gewendet werden, wobei man sie, um die Kanten

dabei nicht zu beschädigen, auf einer weichen Unterlage von Stroh oder Sand wendet und während des Wendens mit einem Brett stützt, um das Durchbrechen zu verhindern.

J. Das Brennen der Steine.

Nachdem sämtliches hygroskopische Wasser durch Trocknen aus den Steinen entfernt ist, sind sie genügend erhärtet und können zum Brennen nach den Öfen gebracht werden. Man bedient sich hierzu gewöhnlicher Handwagen, welche an den Stirnseiten und am Boden mit Brettern ausgeschlagen sind. Um die gegenseitige Reibung beim Transport zu verhindern, legt man Filzdecken zwischen die einzelnen Lagen der Steine. Aus den oberen Formräumen nach der Ofensohle werden die Wagen durch Senkwerke befördert, welche mit Bremswerk versehen und am besten so eingerichtet sind, daß der heruntergehende beladene Wagen die Schale mit dem leeren hebt. Jedes harte Aufstoßen der heruntergehenden Schale auf den Boden des Senkwerkes muß sorgfältig vermieden werden. Von hier ab führt man die Wagen am besten auf GÜNTHERschen Flachdielen bis in die Brennöfen.

Die Konstruktion der Öfen ist sehr verschieden. Für die Wahl eines Systems werden in erster Linie die Anlagekosten und ein möglichst niedriger Kohlenverbrauch maßgebend sein. Die Anlagekosten hängen natürlich von der Größe des Inhaltes und davon ab, ob die Konstruktion eines Ofens eine einfache oder eine komplizierte ist. Bei den Angaben über den Kohlenverbrauch eines Ofens hat man stets festzustellen, welchen Heizwert die dabei benutzte Kohle besitzt und bei welchem Seegerkegel die Garbrandtemperatur erzielt wurde. Alle Angaben, welche hierüber keine Auskunft enthalten, sind wertlos und können leicht zu Irrtümern führen. Ferner ist bei der Wahl eines Ofensystems zu beachten, ob dasselbe viel oder wenig Reparaturen erfordert, denn es kann leicht der Fall sein, daß ein Ofen mit einem verhältnismäßig niedrigen Kohlenverbrauch sehr hohe laufende Ausgaben für Erneuerung der Roststäbe, Heizschächte, Heizwände oder sonstige Reparaturen erfordert und der Betrieb sich dadurch bedeutend teurer stellt als der eines anderen Systemes, welches mit einem höheren Kohlenverbrauch arbeitet, aber wenig andere Unkosten verursacht. Je einfacher die Konstruktion eines Ofens ist, um so rationeller wird derselbe arbeiten.



Man kann die Öfen einteilen in einzelnstehende Öfen mit Rostfeuerung, welche entweder periodisch arbeiten oder so miteinander verbunden sind, daß sie einen kontinuierlichen Betrieb ermöglichen, ferner in Ringöfen mit einem einfachen Brennkanal und Schüttfeuerung von oben in Heizschächte oder Heizwände, und in Kammerringöfen mit feststehenden Kammern, die durch Schüttfeuerungen in festen Heizwänden und Rosten von oben oder durch Rostfeuerungen von der Seite oder durch in die Kammern geführte Gasfeuerungen befeuert werden.

Ein in gleicher Weise für das Brennen von Schamotte- und Dinassteinen geeignetes Ofensystem, bestehend aus einzelnstehenden Öfen mit Halbgasfeuerung und vollständiger Ausnutzung der Abhitze zum Vorwärmen der einzelnen Öfen, bei welchem sowohl jeder Ofen für sich periodisch benutzt werden, als auch eine größere Zahl zu einem kontinuierlich arbeitenden System miteinander verbunden werden kann, ist auf Seite 14—16 eingehend beschrieben.

Der Querschnitt der Öfen kann eine runde, quadratische oder oblonge Form haben; in Öfen mit rundem Querschnitt läßt sich die gleichmäßige Verteilung der Feuergase am besten erzielen. Der Inhalt der Öfen kann für einen Einsatz von 30—100 t gewählt werden.

Bei einer derartigen Ofenanlage wurde eine Steinkohle mit 6500 Wärmeeinheiten benutzt und der Garbrand bei Seegerkegel 9 erreicht. Im Jahresdurchschnitt stellte sich der Kohlenverbrauch bei dem ersten nicht vorgewärmten Ofen auf 21,2 $^0/_0$ des Gewichtes der gebrannten Steine, dagegen beim folgenden, mit der Abhitze des ersten vorgewärmten Ofen auf 12,15 $^0/_0$ und beim nächsten auf 11,1 $^0/_0$, womit wohl ein Resultat erreicht wurde, welches dem der besten Gaskammeröfen gleichwertig ist. Das Ausbringen der 3 Öfen betrug im Jahresdurchschnitt 30,3, 39,1 und 37,6 t Schamottesteine pro Brand, Reparaturen waren in unbedeutendem Maße erforderlich. Die Baukosten für einen derartigen Ofen mit einem Ausbringen von 100 t stellen sich auf ca. M. 5000.

Es wird kaum Schwierigkeiten haben, auch eine derartige Ofenanlage mit einem Generator zu verbinden, sie dann mit Gasfeuerung zu brennen und so die Vorteile des Gaskammerofens auf die einzelnstehenden Öfen zu übertragen.

In einem gewöhnlichen Ringofen muß man die Kammern durch Schieberpapier oder Heizwände abteilen und in der Kammer selbst

die nötige Zahl von Heizschächten für die Schüttfeuerung aufstellen. Die Steine für die Heizschächte müssen nach jedem Brande erneuert werden, die Heizschächte selbst nehmen viel Platz in Anspruch und die Heizgase werden durch die mangelhafte Zugführung selten gut ausgenutzt, weshalb sich die Benutzung eines solchen Ofens für die Zwecke der feuerfesten Industrie selten empfehlen dürfte.

Mehr im Gebrauch sind Kammerringöfen mit feststehenden Kammern, bei denen das Brennmaterial entweder von oben durch Heizlöcher aufgegeben wird und sich auf darunterliegenden Planrosten verteilt, oder die mit Treppen- und Planrost von außen befeuert werden. Die Größe der einzelnen Kammern kann hier nur in engen Grenzen gehalten werden, weil die Feuer nur einseitig wirken, und wenn derartige Öfen auch mit einem verhältnismäßig niedrigen Kohlenverbrauch arbeiten, stellen sie sich doch schon in der Anlage teuer, erfordern häufige Reparaturen und einen sehr hohen Verbrauch an Roststäben, daß dadurch die Vorteile des geringeren Kohlenverbrauches wohl meistens wieder ausgeglichen werden.

Bei der Wahl eines Kammerringofens wird es sich deshalb stets empfehlen, gleichzeitig eine Generatoranlage vorzusehen und den Ofen ausschließlich mit Gasfeuerung zu betreiben. Die bekannteste derartige Konstruktion, welche sich allgemein zum Brennen von Schamottesteinen bewährt hat, ist die des Mendheimschen Gasofens, dessen genaue Beschreibung in dem Buche von E. Schmatolla, Die „Brennöfen", zu finden ist, und der eine vollständige Ausnutzung sowie die Verwendung geringwertiger Brennmaterialien ermöglicht. Doch betrug auch bei diesem Ofen bei Verwendung einer Steinkohle von 6500 Wärmeeinheiten und dem Garbrande bei Seegerkegel 9 der durchschnittliche Kohlenverbrauch einer Fabrik in drei Jahren 17—18,5 %, während es auf einer anderen gelang, bei einem sog. partiellen Gasofen mit nur 9 Kammern und direkter Befeuerung der ersten durch Rostfeuer unter sonst gleichen Verhältnissen bei sorgfältigster Betriebsführung den Kohlenverbrauch bis auf 14 % zu erniedrigen, und es sind demnach mit einzelnstehenden Öfen günstigere Kohlenverbrauchsresultate erzielt worden. Auch erfordert die Anlage eines größeren Gaskammerofens stets eine bedeutende Kapitalaufwendung und von Anfang an die Höhe einer bestimmten Produktion, wogegen einzelnstehende Öfen mit einem verhältnismäßig geringeren Kostenaufwande hergestellt werden und ihre Zahl zu

jeder Zeit mit der wachsenden Produktion vergrößert werden kann. Auch ist zu beachten, daß die Steine vor und nach dem Brande wegen der auf die anderen Kammern zu nehmenden Rücksichten länger in der Kammer des Ringofens verbleiben müssen als in einzelnstehenden Öfen, und daß man im Betriebe mit letzteren in oft vorkommenden eiligen Fällen in der Lage ist, einen Ofen schnell ins Feuer zu nehmen und ihn wenige Tage nach dem Garbrande wieder auszufahren, was bei einem Ringofenbetriebe nicht in gleich kurzer Zeit möglich ist. Deshalb eignet sich der Betrieb eines Ringofens hauptsächlich zum Brennen solcher Steine, welche für regelmäßige Lieferungen in bestimmten Quantitäten und Qualitäten für das Lager und den regelmäßigen Versand hergestellt werden, oder für solche Aufträge, welche in gleichmäßiger Reihenfolge und in nicht zu kurzer Zeit zur Ausführung gelangen können, und es wird stets vorteilhaft sein, daneben einige periodisch arbeitende Öfen zur Verfügung zu haben.

Dinassteine werden ausschließlich in letzteren gebrannt, aber es ist stets ein Fehler, wenn größere Mengen von Dinassteinen mit Schamottesteinen gemeinschaftlich gebrannt werden. Schamottesteine werden im allgemeinen bei einer Temperatur von Seegerkegel 9—12 gebrannt, während Dinassteine eine Temperatur von Kegel 17—18 zum Garbrand erfordern. Wird ein Ofen mit größeren Mengen beider Qualitäten besetzt, so wird es nie möglich sein, die richtige Garbrandtemperatur an bestimmten Stellen des Ofens dem Einsatz entsprechend zu erzielen, und man erhält entweder die einen Steine zu schwach oder die anderen zu scharf gebrannt. Dagegen besetzt man in einem ausschließlich zum Brennen von Dinassteinen bestimmten Ofen, wenn man nicht genügende Mengen von zweiter Qualität vorrätig hat, die untersten Lagen mit Schamottesteinen, weil die Flamme hier nicht mehr die volle Kraft besitzt, um Dinassteine erster Qualität genügend scharf zu brennen.

Das Einsetzen der Steine in die Öfen geschieht in der gleichen Weise, wie es für Dinassteine auf S. 29—30 beschrieben ist.

Das Brennen der Steine ist verschieden, je nachdem die Öfen mit Rostfeuerungen versehen sind oder mit Generatorgas befeuert werden.

Nachdem bei den Öfen mit Rostfeuerung die Feuerungen gereinigt sind, werden die Roststäbe aus 40 mm starkem Quadrateisen

mit Abständen von ca. 30 mm voneinander auf die Rostbalken gelegt und darauf ein schwaches Feuer entzündet. In den ersten 5 bis 6 Stunden bleiben die Feuerungen und die Öffnungen in der Decke des Ofens geöffnet. Ist das Vorfeuer genügend lange unterhalten und die Temperatur im Ofen auf dunkle Rotglut gestiegen, dann schließt man die Öffnungen in dem Deckengewölbe, füllt die Feuerungen auf und schürt nun stärker, so daß der Ofen in 5—6 Stunden in Vollfeuer kommt. Man schürt in kürzeren Zwischenräumen und bei Öfen mit rechteckigem Querschnitt stets gleichzeitig zwei sich nicht gegenüberliegende Feuerungen. Bevor der Ofen in Weißglut kommt, reinigt man den Rost von Schlacken und durchfährt die Kohlen häufiger mit dem Schüreisen. Nach ca. 12 Stunden langem Vollfeuer pflegt der erste Kegel zu schmelzen und nach einer weiteren Stunde fallen die beiden anderen. Während dieser letzten Zeit muß sehr stark geschürt werden, und man vermeidet das Reinigen des Rostes in den letzten Stunden, damit das Eintreten von kalter Luft in den Ofen dabei vermieden wird.

Während der Ofen im Feuer steht, sind bei dem nächsten und event. auch noch bei dem dritten, die natürlich vorher besetzt sein müssen, die Feuerungen und die Aschenfälle durch Eisenbleche oder leichtes Mauerwerk nach außen dicht abgeschlossen. Bei dem ersten und zweiten Ofen sind die Schieber nach dem Kaminkanal geschlossen, die Schieber zur Überleitung der Abhitze geöffnet, und die Heizgase des ersten Ofens durchziehen nun den zweiten bezw. auch noch den dritten Ofen, um hier den Einsatz anzuwärmen, ehe sie durch entsprechende Schieberstellung nach dem Kamin abgeführt werden. Will man dagegen einen Ofen für sich allein abbrennen, so schließt man den Übergangskanal nach dem nächsten Ofen ab, öffnet den Schieber zum Kaminkanal und die Heizgase ziehen nun direkt nach dem Kamin.

Im ersteren Falle ist während des Garbrennens des ersten Ofens der folgende auf dunkle oder helle Rotglut vorgewärmt; nach Beendigung des Garbrandes im ersten Ofen öffnet man die Feuerungen und Aschenfälle des folgenden und bringt das Feuer auf die Roste. Derselbe braucht hier nur noch 2—3 Stunden langsam geschürt werden, danach kann man sofort zum Vollfeuer übergehen und den Ofen wie den vorhergehenden garbrennen.

Nach dem Abbrennen eines Ofens bezw. einer Ofenkammer des Ringofens schließt man eine halbe Stunde später sämtliche Ab-

zugsschieber und öffnet sie erst wieder nach einigen Stunden. Man nennt dies das Drücken des Ofens, und erzielt dadurch eine gleichmäßige Verteilung der Temperatur in demselben, wodurch manche noch nicht genügend gebrannten Teile des Einsatzes vollständig gargebrannt werden.

Nachdem der zweite Ofen gargebrannt ist, werden bei dem ersten die Feuerungen und Türen allmählich geöffnet. Nach mehreren Stunden öffnet man zur Erzielung eines lebhafteren Luftzuges und dadurch beschleunigten Abkühlens die Öffnungen in dem Deckengewölbe des Ofens und kann den Einsatz nach genügend weit vorgeschrittener Abkühlung ausfahren.

Die Gaskammeröfen zerfallen in Öfen mit beschränkter Kammerzahl und solche mit einer größeren Zahl der Kammern für einen kontinuierlichen Ringofenbetrieb. Die ersteren bilden gewissermaßen nur einen halben Ringofen, dessen erste Kammer jedesmal durch eine besondere Rostfeuerung befeuert werden muß, während die letzteren ausschließlich von einer Generatoranlage aus mit Gasfeuerung in kontinuierlichem Betrieb gehalten werden.

Der Generator besteht meistens aus zwei nebeneinander liegenden Feuerungsanlagen, doch ist es stets vorteilhaft, daneben eine dritte als Reserve verfügbar zu haben, damit der Ofenbetrieb nicht durch vorkommende Reparaturen gestört wird.

Bei den Gaskammeröfen mit beschränkter Kammerzahl befinden sich an der äußeren Längsseite der ersten Kammer die Feuerungen aus Planrosten bestehend, von denen aus der Ofen durch ein Kohlenfeuer in Betrieb gesetzt wird. Bevor dies geschieht, müssen die ersten drei Kammern mit Steinen besetzt und die dritte Kammer muß mit dem Kaminkanal verbunden sein. Das Vorfeuer der ersten Kammer wird nun so lange geschürt, bis der Einsatz nach ca. 24 Stunden in helle Rotglut gekommen ist. Danach entfernt man die Feuer und läßt nun das Gas aus dem Generator in die Kammer treten, wobei die Ventile zur Vermeidung von Explosionen langsam und vorsichtig geöffnet werden müssen.

Ist die erste Kammer gargebrannt, so schließt man das Abzugsventil der dritten Kammer und öffnet das der vierten, worauf man die Generatorgase in die zweite Kammer eintreten läßt und so fort bis zur drittletzten Kammer. Kommt diese ins Feuer, so öffnet

man das Abzugsventil der letzten Kammer und leitet die Heizgase von hier nach dem Kamin.

Die Generatorgase treten in den vier Ecken der Kammer durch Feuerkästen in das Innere. Beim Besetzen läßt man über diesen einen freien Raum, damit die eintretenden Feuergase genügenden Platz finden, um sich auszubreiten. Um den Eintritt kalter Luft zu verhindern, bedeckt man die Austrittsöffnungen mit einem aufgeklebten Blatt Schieberpapier, welches von Öffnungen, die sich darüber im Ofengewölbe befinden, aus angezündet und abgebrannt wird, wenn die Gasventile der betr. Kammer geöffnet werden.

Die erste Kammer darf erst geöffnet und ausgefahren werden, nachdem die vierte abgebrannt ist.

Man kann auch mit einem solchen Ofen einen kontinuierlichen Betrieb erhalten, wenn man zu derselben Zeit das Gas in die letzte Kammer eintreten läßt und bei der ersten mit dem Kohlenfeuer beginnt. Nach dem vollendeten Garbrand der letzten Kammer schließt man die Ventile des Generators und läßt Luft in den Gaskanal vor dem Ofen eintreten, indem man eine sonst durch eine Eisenplatte verschlossene Öffnung hinter dem Generator und das letzte Abzugsventil hinter der letzten Kammer im Kaminkanal öffnet. Durch den allmählichen Zutritt der Luft bringt man die im Gaskanal noch befindlichen Gase zur Entzündung, wobei der während des Brandes dort abgelagerte Ruß verbrennt und eine weitere Reinigung des Kanales überflüssig wird. Danach schließt man die Kanäle und läßt die Generatorgase in die erste Kammer eintreten. So vermeidet man einen längeren Stillstand des Ofenbetriebes und die damit verbundene Abkühlung der Kammern und erzielt dadurch gleichzeitig eine Verminderung des Kohlenverbrauches, wie auf S. 72 angegeben wurde.

Der Betrieb eines größeren Gaskammerofens mit kontinuierlichem Ringofenbetriebe entspricht dem eben geschilderten unter Fortfall der Vorfeuerung vollständig.

Nachdem die Öfen bezw. die Ofenkammern abgebrannt sind, läßt man den Inhalt abkühlen, was nach einiger Zeit durch allmähliches Öffnen der Türen und der Öffnungen im Deckengewölbe beschleunigt werden kann, weil die Schamottesteine eine schnellere Abkühlung vertragen.

Dann fährt man die gebrannten Steine aus und lagert sie, falls sie nicht sofort versandt werden können, im Freien. Die Steine können der Witterung ausgesetzt werden, doch ist es stets vorteilhaft, sie so zu lagern, daß sie vor Regen und Schnee geschützt bleiben.

Frisches Mauerwerk aus Schamottesteinen muß ebenfalls durch langsames Anwärmen vorsichtig ausgetrocknet werden, damit alles Wasser daraus entfernt ist, bevor es höheren Temperaturen ausgesetzt wird.

Die Fabrikation der Bauxitsteine.

Der Bauxit ist ein besonders an Al_2O_3 reiches und, wie S. 58—59 erwähnt, für bestimmte Zwecke sehr brauchbares Material. Die Al_2O_3 reichsten, reinen Bauxite mit einem geringen Gehalt an Fe_2O_3 sind sehr feuerbeständig, schwinden aber stark und daraus hergestellte Steine bröckeln bei mangelhafter Herstellung leicht ab. Es ist deshalb nötig, das Rohmaterial vor der Verarbeitung sehr scharf zu brennen, und man formt die Steine vorteilhaft unter starkem Druck.

Nach der Tonindustrie-Zeitung 1903, S. 2132—34 verwendet man einen Bauxit mit nicht zu wenig SiO_2 und läßt den Al_2O_3-Gehalt dem der SiO_2 etwas vorwalten, weil man damit den Schmelzpunkt etwas erhöht, bezw. den Eintritt der chemischen Verbindung zwischen Al_2O_3 und SiO_2 etwas verzögert. Indes steht die Erhöhung des Al_2O_3-Gehaltes in keiner unmittelbaren Beziehung zur Erhöhung der Feuerfestigkeit, nachdem die Grenze Al_2O_3, $2SiO_2$, $2H_2O$ erreicht ist.

Sehr gut soll sich ein Bauxit bewährt haben, der mit 49 % Al_2O_3 + 28 % SiO_2 + 18 % H_2O_0 (gebrannt = 63,6 % Al_2O_3) fast genau dem Molekularverhältnis 1 : 1 : 2 (?) entspricht und bei einer Temperatur von Seegerkegel 38 noch nicht schmilzt. Ein daraus gefertigter Stein hatte folgende Zusammensetzung:

Glühverlust	0,17 %.
SiO_2	39,75 „
Al_2O_3	57,76 „
Fe_2O_3	2,30 „
MgO	0,54 „

Der Schmelzpunkt war = Seegerkegel 37, die Steine wurden von basischen Schlacken weniger angegriffen als die besten Schamottesteine. Zementartig zusammengesetzte Schlacken bildeten mit der Oberfläche eine schützende Glasur, wodurch der Stein nur ganz all-

mählich und gleichmäßig abgenutzt wird. Nach einmaligem Brennen in hoher Temperatur ist der Stein volumbeständig.

Für besonders hohe, trockene Temperaturen soll sich ein Stein mit folgender Zusammensetzung besonders bewähren:

SiO_2 . . . . 21,20 %.
Al_2O_3 . . . . 74,78 „
Fe_2O_3 . . . . 3,83 „

Die Steine sollen einen außerordentlich hohen Schmelzpunkt, höher als Seegerkegel 39, besitzen, hocherhitzt zuerst eine geringe Schwindung zeigen, die nach einmaligem Brennen in Volumbeständigkeit übergeht, und von stark basischen Schlacken wenig angegriffen werden.

Da sich der rohe Bauxit, wenn er nicht in größeren Stücken angeliefert wird, schlecht brennen läßt, wird er gemahlen, mit einer geringen Menge eines hoch Al_2O_3-haltigen Bindetones versetzt und mit diesem im Tonkneter gut gemischt. Aus der so erhaltenen Mischung formt man Ballen, die getrocknet und im Ofen scharf gebrannt werden. Die nun erhaltene Schamotte wird gemahlen, wieder mit einer geringen Menge Bindeton versetzt und im Tonkneter von neuem gemischt. Aus der fertigen Masse formt man die Steine entweder durch Handarbeit, oder man läßt sie durch eine Ziegelpresse gehen und schneidet die Steine mit einem Abschneidetisch von dem Strange ab. In beiden Fällen werden die Steine, wenn es ihre Form erlaubt, nachdem sie lederhart getrocknet sind, mit einer Handpresse nachgepreßt, doch kann man auch durch die gewöhnliche Handarbeit Steine von sehr hoher Festigkeit herstellen, wenn man einen geeigneten Bindeton verwendet. Die weitere Fabrikation gleicht der der Schamottesteine, nur brennt man die Bauxitsteine in den heißesten Teilen der Öfen.

Die Fabrikation der Schmelztiegel.

Die Grundbedingung für die Herstellung der Schmelztiegel besteht in der Verwendung nur guter, bewährter Rohmaterialien. Daneben ist die größte Sauberkeit der Zerkleinerungs- und Mischmaschinen, das peinlichste Vermeiden jeder Verunreinigung der Tiegelmasse durch Schmutz oder hartgewordene alte Masse und die größte Sorgfalt der Arbeiter vom Anfang bis zum Ende der Fabrikation erforderlich.

Schamottetiegel, auch Eisentiegel genannt, bestehen aus Ton, Sand, Kaolin und einem Zusatze von Graphit.

Da die Tiegel besonders widerstandsfähig gegen Temperaturwechsel sein müssen, benutzt man zu ihrer Herstellung Tone, welche neben hoher Bindekraft die Eigenschaft besitzen, beim Schmelzen eine lavaartige Masse zu bilden, statt zu einem Glasfluß zusammenzuschmelzen. Der Sand muß frei von Eisen und sehr rein sein und aus mohngroßen Körnern bestehen.

Ton, Sand und Kaolin werden auf einer Darre sorgfältig getrocknet, darauf werden die Rohmaterialien in abgewogenen Mengen mehrere Stunden lang gemeinschaftlich unter einem Koller gemahlen, miteinander gemischt und gleichzeitig mit der nötigen Wassermenge versetzt. Nachdem so eine vollständig gleichmäßige Mischung erzielt ist, gibt man die fertige Masse in gemauerte Gruben und läßt sie hier mehrere Tage lang sumpfen.

Die Graphit- oder Metalltiegel bestehen aus Graphit, Ton, Sand und einem geringen Zusatz von Tiegelscherbenflinz, d. i. aus Tiegelscherben zurückgewonnener Graphit.

Der Ton wird getrocknet, in einem Brechwerk gebrochen und dann zu einem möglichst feinen Mehl gemahlen. Die zur Anfertigung einer Mischung nötige Menge wird abgewogen, mit Wasser angemacht, mindestens einen Tag lang in Bütten gesumpft und dann mit den übrigen Rohmaterialien vereinigt.

Für den Sand gilt das oben Gesagte in gleicher Weise.

Der Graphit wird aus Bayern und Amerika in gemahlenem Zustande angeliefert. Der fälschlich als englischer Graphit bezeichnete kommt hauptsächlich aus dem Kaukasus, aus Sibirien und aus Ceylon. Er wird in Stücken angeliefert und führt den Namen „englischer“ Graphit deshalb, weil London den Handelsplatz für diese Qualitäten bildet. Als Zusatz benutzt man auch ein unter dem Namen „sheaps“ gehandeltes, aber weniger gutes englisches Material.

Die Graphitstücke werden zunächst in einer Mühle gemahlen; von dort gelangt das Mehl durch Becherwerke in Trommelsiebe, wo der feine Staub gesammelt, die gröberen Stücke nach der Mühle zurückgeführt werden. Es ist wichtig, den Graphit in möglichst viele kleine Blätter zu zerkleinern, von denen jedes in der Tiegelmasse eine besonders zu durchdringende Schicht und eine aus lauter parallel liegenden Teilchen bestehende Struktur der Tiegelwand bildet. Man läßt das Mehl deshalb durch zwei dicht zusammenstehende Glattwalzenpaare gehen, worauf es in Vorratskästen gesammelt wird.

Aus den Scherben von gebrauchten Tiegeln, die sorgfältig von Schlacken und anderen Verunreinigungen befreit sein müssen, wird der Graphit durch eine Griesputzmaschine (von Sack-Dresden) wiedergewonnen.

Zu dem Zweck zerschlägt man die Scherben, mahlt sie in einer Mühle und behandelt das Mehl weiter, wie es eben für das Mahlen der Graphitstücke beschrieben ist. Das aus den Glattwalzwerken kommende feine Mehl wird dann durch Transportschnecken in die Griesputzmaschine geführt, wo es durch verschiedene Siebe und durch Luftzug in seine einzelnen Bestandteile zerlegt wird, die gleichzeitig nach der Feinheit ihres Kornes sortiert werden. Bei richtiger Einstellung der Siebe kann man mit dieser Maschine fast reinsten Graphit wiedergewinnen; sie liefert in 10 Stunden ca. 700 kg Mehl, davon sind ca. 300 kg guter Flinz, der Rest ist ebenfalls zu gebrauchendes Tiegelmehl und -staub, nur der ausgesiebte Sand wird zur Fabrikation der Tiegel nicht wieder benutzt.

Die einzeln abgewogenen Rohmaterialien werden unter dem Mischkoller vereinigt, gut durcheinandergemischt und durch Zusatz von Wasser in eine plastische Masse verwandelt, welche schließlich eine vollständig homogene Mischung der Bestandteile zeigen muß. Die fertige Masse läßt man dann durch kleine liegende Tonkneter

gehen, aus denen sie als gleichmäßig plastischer, runder Strang austritt, von welchem einzelne Stücke abgeschnitten werden, deren Volumen in Länge und Dicke der Größe der daraus herzustellenden Tiegel entspricht.

Die so erhaltenen Rohballen werden nun auf Tischen durch Rollen und Stauchen in eine der Tiegelform ungefähr entsprechende äußere Form gebracht und daraus die kleineren Tiegel durch Handarbeit auf einer Töpferdrehscheibe hergestellt. Größere Tiegel werden auf einer von der Transmission aus angetriebenen Drehscheibe in zweiteiligen Gipsformen angefertigt, indem man eine an einer zentrierten Spindel befestigte Holzschablone langsam von oben nach unten in den Ballen einführt.

Das Formen muß stets mit größter Sorgfalt geschehen, damit die Tiegel in gleicher Höhe überall die gleiche Wandstärke erhalten, weil sonst Spannungen in den Wänden entstehen, die beim Trocknen, Brennen und im Schmelzofen das Zerspringen des Tiegels verursachen. Auch muß die Masse mit einem möglichst geringen Wassergehalt verarbeitet werden.

Je glatter und dichter die Tiegelwände sind, um so größer ist der Widerstand, den sie den von innen und außen im Schmelzbetriebe an sie herantretenden Angriffen leisten können. Der fertig gedrehte Tiegel wird deshalb auf der Drehscheibe mit einem feuchten Schwamm und mit weichem Leder innen und außen sehr sorgfältig abgeputzt und geglättet, und schließlich mit einem Ausguß versehen.

Das Trocknen der Tiegel muß sehr langsam und allmählich an einem vor Luftzug geschützten Ort geschehen, damit das Entstehen von Haarrissen vermieden wird. Man bringt sie deshalb zuerst in einen geheizten Trockenraum mit einer Temperatur bis zu 30° C., in welcher sie langsam erhärten. Danach werden sie in einem zweiten Trockenraum in einer Temperatur von zirka 60° C. und mehr vollständig getrocknet, wozu mindestens 10 bis 12 Tage, bei größeren Tiegeln bis zu 10 Wochen nötig sind. Der ofenreife Graphittiegel soll einen hellen, metallischen Klang besitzen.

Zum Brennen der Tiegel benutzt man Muffelöfen, welche so miteinander verbunden sind, daß ein Ofen durch die Abhitze des anderen vorgewärmt wird.

Das Einsetzen, Brennen und Ausfahren der Tiegel muß ebenfalls mit größter Vorsicht geschehen. Die Graphittiegel werden in der Muffel luftdicht in feingemahlenes Koksklein eingebettet und mit demselben Material gefüllt, weil sie sonst verbrennen würden. Das Anfeuern des Ofens geschieht sehr allmählich, und man läßt die Temperatur in der Muffel während der ersten 36—48 Stunden nicht über 100—110° steigen, danach kann langsam schärfer gefeuert werden, und die Tiegel werden schließlich bei einer Temperatur von 900—1000° gargebrannt.

Die Fabrikation der Magnesitsteine.

Die Magnesitsteine bilden ein hochbasisches Ofenbaumaterial, welches sich auch gegen die höchsten Temperaturen als sehr widerstandsfähig erweist.

Als besonders für die Herstellung von Steinen geeignet zeigen sich die Magnesite aus dem Veitschtal in Steiermark und aus dem Komitat Gömör in Ungarn. Sie haben vor dem altbekannten Material von der Insel Euböa den Vorzug, daß sie in hoher Temperatur, ohne zu schmelzen, sintern.

Durch Aussortieren befreit man den rohen Magnesitspat von den aus Quarz, Kalk und Dolomit bestehenden Verunreinigungen und brennt ihn dann in höchster Weißglut eines mit Magnesitsteinen ausgemauerten Schachtofens; auch hat sich hierfür der rotierende Ofen von FELLNER & ZIEGLER-Frankfurt bewährt. Beim Brennen bis zur Rotglut verliert der Magnesit die Kohlensäure und geht in wasserfreie Magnesia über, welche schleimig oder etwas bindend wird und sich unter starkem Druck formen läßt. Man benutzte diese Eigenschaft früher, um aus einem Gemenge von scharf und schwach gebranntem Magnesit Steine zu formen, wobei der letztere als Bindemittel diente. Weil die Steine aber beim späteren Brennen noch bedeutend nachschwanden, ist man von dieser Fabrikationsmethode abgegangen.

Das Schwinden beim Brennen des Rohmagnesites ist sehr stark und beträgt ungefähr 50 %; man kann ihn deshalb nur dann zu brauchbaren Steinen verarbeiten, wenn man ihn vorher vollständig totgebrannt hat. Hierbei steigt das spezifische Gewicht von 3,0 bis auf 3,8;[1] der Magnesit wird sehr dicht, hart, durch Wasser und Kohlensäure unveränderlich, und er verträgt im Feuer die Berührung mit Quarz, ohne mit demselben ein Silikat zu bilden.

Ein Gehalt von 2—4 % Fe_2O_3 ist nötig, weil dadurch das Sintern des Magnesites leichter erreicht wird, auch scheint der

[1]) nach BISCHOF.



Eisengehalt im Magnesit eine ähnliche Rolle zu spielen, wie in der Dinasfabrikation die Anwesenheit einer gewissen Menge von Al_2O_3 im Quarzit.

Der totgebrannte Magnesit muß durch Aussortieren von kalkigen Beimengungen sorgfältig befreit und in einem trockenen Raume aufbewahrt werden.

Die Einrichtungen zur Herstellung von Magnesitsteinen werden vorteilhaft mit einer Dinassteinfabrik verbunden, da man eine gemeinschaftliche Kraftmaschine zum Antrieb der Arbeitsmaschinen benutzen und beide Fabrikate gleichzeitig in denselben Öfen brennen kann. Die Herstellung der Magnesitsteine muß aber in besonderen Räumen vorgenommen werden, damit jede Verunreinigung durch andere Rohmaterialien vermieden wird.

Der gebrannte Magnesit wird in einem Schuppen trocken gelagert. Der Lagerraum ist durch eine schiefe Ebene mit einer Kugelmühle verbunden, welche in 10 Stunden 5000 kg Magnesit auf eine Korngröße = Sieb 60 staubfein mahlt, und das Mehl in darunter stehende Karren fallen läßt. Der Kraftbedarf der Kugelmühle beträgt ca. 12 PS. Zu empfehlen sind solche Mühlen, deren Drehkörper außen gelagert ist und keine durchgehende Achse besitzt, weil diese stets stark angegriffen wird und mit verhältnismäßig großen Kosten öfter erneuert werden muß. Es ist nicht vorteilhaft, den Magnesit auf einem Koller zu mahlen, weil dieser und das dazu nötige Siebwerk mit einer sehr starken Staubbildung arbeitet und die Leistung einer Kugelmühle bei weitem nicht erreicht.

Zur weiteren Verarbeitung muß das Magnesitmehl mit einer geringen Menge Wasser, ungefähr 1 %, angefeuchtet werden. Hierzu breitet man eine abgemessene Menge des Mehles auf dem Fußboden aus, besprengt es aus einer Gießkanne mit dem Wasser und mischt beides tüchtig mit Handschaufeln durcheinander. Die fertige Mischung bringt man dann in dafür bestimmte Gefache und läßt sie hier einige Tage lang ruhig liegen, worauf man sie vor der weiteren Verarbeitung durch ein gewöhnliches Sandsieb wirft. Der Fußboden sämtlicher Arbeitsräume wird am besten aus Zement hergestellt.

Zum Mischen von Magnesitmehl und Wasser benutzt man auch mit Vorteil eine Maschine, welche aus einem horizontal liegenden, ovalen Doppelgefäß besteht. In letzterem drehen sich zwei Wellen gegeneinander, welche in einer Spirallinie mit schaufelförmigen,

ineinandergreifenden Armen besetzt sind. Das Mehl wird am einen Ende in die Maschine geschaufelt und das Wasser tritt aus einer über dem Einwurf befindlichen Wasserleitung in genau regulierbarer Menge durch eine KÖRTINGsche Streudüse hinzu. Mehl und Wasser werden in der Maschine miteinander gemischt, durch die schraubenförmige Anordnung der Schaufelarme auf den Wellen nach dem anderen Ende geführt, und treten hier als fertige Mischung nach außen.

Scharf gebrannter Magnesit nimmt weniger Wasser auf als schwächer gebrannter; es ist deshalb wichtig, die nötige Wassermenge durch Versuche festzustellen. Die fertige Mischung muß sich durch festes Pressen in der Hand zusammenballen lassen, aber bei der Berührung des Ballens auseinanderfallen.

Die Mischung kann nun in Formen gepreßt werden, wozu eine mit starkem hydraulischen Druck arbeitende Maschine nötig ist. Derartige Pressen werden von F. KRUPP-Grusonwerk, TH. GROKE-Merseburg und nach besonders langjährigen Erfahrungen auf dem Gebiete der Magnesitsteinfabrikation von BRINCK & HÜBNER in Mannheim gebaut. Nach den Angaben der letzteren Firma besteht eine Preßanlage zur jährlichen Erzeugung von 1000 t Magnesitsteinen aus einer hydraulischen Preßpumpe mit Wasserkasten, einem Akkumulator für Hochdruck von 300 Atm., einem Akkumulator für Niederdruck von 75 Atm., einem Steuerapparat und der hydraulischen Presse für einen Totaldruck von 400 t bei 300 Atm. Spannung im Preßzylinder. Der Arbeitstisch rotiert auf Kugeln laufend; er enthält 4 Formen, und ist mit einer hydraulischen Ausstoßvorrichtung verbunden.

Wegen der starken Abnutzung ist es nötig, stets eine größere Anzahl von Preßkästen und -stempeln vorrätig zu halten. Erstere bestehen aus Stahlguß mit auswechselbarem Futter aus Stahlblech, letztere aus Grauguß. Nach ca. 5000 Pressungen ist ein Auswechseln der Kästen und Stempel nötig. Das zu berücksichtigende Schwindmaß beträgt ca. 1 %. Weil die dadurch entstehenden Abweichungen in den Dimensionen der Steine nicht bedeutend sind, nimmt man anfangs, um die Stempel länger benutzen zu können, deren Maße um eine Kleinigkeit größer, und verkleinert später nach Abnutzung des Stempels die Preßkästen durch entsprechend stärkere Einlagen. Die an der Presse beschäftigten Arbeiter können bequem von dem die Steuerung bedienenden Manne überwacht werden, und

die Steuerung selbst ist so eingerichtet, daß nach einem Hebelzuge alle verschiedenen Drucke und Druckablasse von selbst aufeinander folgen.

Die Pumpen- und Akkumulatorenanlage wählt man gewöhnlich so stark, daß sie gleichzeitig für zwei Pressen benutzt werden kann; der dafür erforderliche Kraftbedarf beträgt ca. 16 PS.

Die zum Pressen fertige Magnesitmasse wird in einer Karre an die Presse gefahren. Ein Mann wiegt auf einer ihm zur Hand stehenden Wage die für einen Stein nötige Menge ab und füllt die Preßform damit. Der Tisch wird nun so gedreht, daß die Form genau unter die Preßeinrichtung zu stehen kommt; ein Mann setzt den Steuerapparat in Tätigkeit und bewirkt das Pressen des Steines. Danach wird der Tisch weiter gedreht, so daß der gepreßte Stein in seiner Form über die Ausstoßvorrichtung zu stehen kommt; er wird durch diese aus der Form gehoben, letztere ausgeputzt, und der fertige Stein wird hochkant liegend auf eine eiserne Platte abgelegt. Drei Steine werden dann gemeinschaftlich auf der Unterlage liegend nach dem Trockenraum abgetragen, was sehr vorsichtig geschehen muß, weil die frisch gepreßten Steine gegen Erschütterungen sehr empfindlich sind. Zur Bedienung der Presse und zum Abtragen der Steine sind zusammen drei Arbeiter erforderlich.

Ein frisch gepreßter Stein in den Dimensionen $230 \times 118 \times 65$ mm wiegt durchschnittlich 4,6 kg, ein getrockneter 4,35 kg, ein gebrannter 4,2 kg.

Der Trockenraum schließt sich am besten direkt an den Preßraum an. Am vorteilhaftesten trocknet man die Magnesitsteine nur an der Luft, indem man sie in geschlossenen, gut ventilierten Räumen auf eisernen Stellagen ablegt, wie sie in dem Kapitel über die Fabrikation der Dinassteine S. 28 beschrieben sind. In der kälteren Jahreszeit erwärmt man den Trockenraum durch eine mit Abdampf gespeiste Heizungsanlage. Die Empfindlichkeit der Magnesitsteine gegen eine künstliche Trocknung ist je nach dem zur Fabrikation benutzten Rohmaterial verschieden; man muß deshalb durch Versuche feststellen, wie hoch man mit der Temperatur im Trockenraum gehen kann ohne rissige Steine zu erhalten; in jedem Falle darf die Steigerung der Temperatur nur allmählich erfolgen.

Für die künstliche Trocknung benutzt man auch längere, am einen Ende geheizte, nach den Seiten und oben abgeschlossene

Trockenkanäle, die in geeigneter Weise ventiliert sind. Die Steine werden hierfür an der Presse auf Stellagenwagen abgelegt und durchlaufen dann den Trockenkanal langsam auf einem Schienengeleise, wonach sie auf denselben Wagen liegend zum Einsetzen in die Brennöfen gefahren werden können.

Während des Trocknens werden die anfangs sehr empfindlichen Steine härter und fester, und man kann sie, nachdem sie die Ofenreife erlangt haben, wie andere feuerfeste Steine aus den Trockenstellagen ausrüsten und auf Wagen nach den Öfen transportieren.

Man brennt die Magnesitsteine mit Dinassteinen zusammen; einige Sorten mit einem höheren Gehalt an Fe_2O_3 können schon mit Schamottesteinen in den oberen Regionen der Öfen bei Seegerkegel 11—12 gargebrannt werden. Man stellt auch dies durch Versuche fest.

In den Öfen müssen die Magnesitsteine so gesetzt werden, daß sie nicht direkt von der Stichflamme getroffen werden. Man schützt sie dagegen durch eine Reihe anderer davor gesetzter Steine. Da die Brenntemperatur im allgemeinen eine sehr hohe sein muß, besetzt man nur die obersten Lagen in den Öfen mit Magnesitsteinen derart, daß man in 3 Lagen die einzelnen Steine auf die Köpfe stellt und sie in der obersten Lage verschränkt auf die hohe Kante legt. Man bringt so 2000—3000 Steine in einen sonst mit Dinassteinen besetzten Ofen von 100 t Inhalt.

Das Brennen und Ausfahren geschieht in der gleichen Weise wie bei den Dinassteinen.

Die gebrannten Magnesitsteine zeigen eine dichte Struktur, hohe Festigkeit und hellen Klang. Beim langsamen Anwärmen springen sie nicht, und man bemerkt selbst in den höchsten Temperaturen weder ein Wachsen noch ein Schwinden, weshalb sie allen an ein basisches Ofenbaumaterial zu stellenden Ansprüchen genügen.

Die Fabrikation der Kohlenstoffsteine.

Die Kohlenstoffsteine werden aus einer Mischung von Koks und Teer hergestellt.

Guter Gießereikoks mit einem möglichst niedrigen Aschengehalt wird getrocknet, in einer Kugelmühle oder auf einem Koller gemahlen und im letzteren Falle auf einem Siebe mit 1,5—2 mm Maschenweite nachgesiebt.

Als Bindemittel benutzt man Steinkohlenteer, welcher durch Destillation von dem Ammoniakwasser und den leichten Ölen befreit ist. Ein bei zu hoher Temperatur destillierter Teer, in welchem die schweren, fetten Öle nicht mehr enthalten sind, besitzt keine Bindekraft mehr und ist deshalb zur Anfertigung der Kohlenstoffsteine unbrauchbar.

Abgewogene Mengen von trockenem, und am besten angewärmtem, Koksmehl werden in einer dünnen Schicht auf einer sauberen Unterlage ausgebreitet und mit der abgemessenen Menge des durch Kochen dünnflüssig gemachten Teers übergossen. Man versetzt 4 Gewichtsteile Koksmehl mit 1 Teil Teer und schaufelt beide tüchtig durcheinander. Es empfiehlt sich stets nur mit kleinen Mengen zu arbeiten, weil die Masse schnell erkaltet, dabei harte Knollen bildet und dann zur weiteren Verarbeitung unbrauchbar wird. Aus demselben Grunde müssen die Arbeiten des Mischens, Knetens und Formens möglichst schnell hintereinander erfolgen, auch darf die Formmasse nicht über Nacht liegen bleiben.

Zur gründlichen Mischung läßt man die Masse nun durch einen Tonkneter gehen, der mit einem aus Blech angefertigten konischen Mundstück versehen ist. Man kann hierzu jeden liegenden Tonkneter benutzen, wie er zur Herstellung gewöhnlicher Ziegelsteine gebraucht wird. Um auch hier eine Verhärtung der Masse durch Abkühlung zu verhüten, erwärmt man den zylindrischen Teil des Tonkneters durch ein darunter unterhaltenes Koksfeuer, welches

jedoch nicht so weit gesteigert werden darf daß der Eisenkörper ins Glühen gerät. Die aus dem Mundstück heraustretende Masse, welche eine vollständig gleichmäßiges Gefüge zeigen muß und keine ungebundenen Koksteilchen mehr enthalten darf, läßt man in einen darunter stehenden Sammelkasten fallen.

Harte Knollen in der Masse sind ein Zeichen von nicht genügender Mischung oder von zu niedriger Temperatur im Tonkneter.

Die Formen werden aus Holz hergestellt, und müssen für größere Steine sehr kräftig gebaut und so eingerichtet werden, daß man sie durch Auseinandernehmen von dem fertigen Stein entfernen kann. Man setzt solche Formen vorteilhaft aus einzelnen losen Brettern zusammen und umgibt sie mit einem festen Holzrahmen, den man für viele Formen gleichmäßig benutzen kann, und in dem man die losen Einlagen durch Keile in ihrer Lage festhält. Vor dem Gebrauch wird die Form mehrere Male mit Petroleum oder Abfallöl ausgestrichen, um das Anbacken der Masse zu verhindern, auch ist dies vor der Anfertigung eines neuen Steines stets zu wiederholen.

Man formt die Steine auf einer glatt gehobelten, kräftigen Holzunterlage, welche man mit einem Bogen Schieberpapier bedeckt. Bei der Herstellung großer Steine ist sehr darauf zu achten, daß die Unterlagen aus starken Brettern angefertigt werden, damit sie sich nicht durch das Gewicht des Steines beim Transport nach dem Trockenraum und nach dem Ofen durchbiegen, was stets ein Durchbrechen des Steines zur Folge hat.

Die vorher sauber gereinigte und mit Öl ausgestrichene Form wird auf ihrer Unterlage liegend bis zu einem Viertel ihrer Höhe mit Formmasse gefüllt, wobei größere Klumpen gleichmäßig zerdrückt werden müssen, weil diese sonst den Stein infolge ungleichmäßiger Ausdehnung beim Brennen zersprengen. Dann wird die Masse mit schweren, vorher erwärmten, eisernen Stampfern von dem Innern der Form aus nach den Seiten und Ecken hin kräftig eingestampft. An den Wänden und in den Ecken der Form muß das Einstampfen sehr kräftig geschehen, damit diese gut ausgefüllt und besonders dicht werden. Nachdem die zuerst aufgegebene Masse gleichmäßig eingestampft ist, rauht man ihre Oberfläche mit einer eisernen Kratze auf, gibt eine neue Lage frischer Masse in die Form, stampft wieder ein usf., bis die Form reichlich gefüllt ist. Die überflüssige

Masse wird dann mit flachen Kellen abgestochen und die Oberfläche mit einem in Öl getauchten Streicheisen geglättet.

Der fertige Stein wird nun gezeichnet und nach dem Trockenraum getragen. Er bleibt dabei auf seiner Unterlage liegen, von welcher er erst beim Einsetzen im Ofen abgenommen wird. Von kleineren und flachen Steinen kann man die Form sofort, von größeren und von Fassonsteinen erst nach einem halben Tage entfernen. Nach ein bis zwei Tagen ist der Stein äußerlich erhärtet, je nach seiner Größe muß man ihn bis zu 2 und 3 Wochen lang im Trockenraum liegen lassen. Für eine größere Produktion ist es deshalb nötig, genügend große Trockenräume vorzusehen. Am besten erhärten die Steine, der Zugluft ausgesetzt, im Freien und in der Kälte; vor dem Einfluß der Sonnenstrahlen müssen sie geschützt werden, weil sie durch deren Wärme erweichen.

Von größeren Formaten formen 4 Arbeiter in 10 Stunden 3000—3500 kg Steine, von Normalformat in der gleichen Zeit nur 800—1000 kg. Kleine Steine in regelmäßigen Formaten stellt man deshalb besser nach Art der Magnesitsteine auf einer hydraulischen Presse her.

Elektroden für elektrische Schmelzöfen, wie sie z. B. in der Karbidfabrikation gebraucht werden, erzeugt man am besten in besonders dafür gebauten hydraulischen Pressen.

Zum Brennen der Kohlenstoffsteine kann jedes zum Brennen von feuerfesten Steinen benutzte Ofensystem verwendet werden; es genügt dazu schon ein gewöhnlicher Ringofen mit Schüttfeuerung.

Auf der Sohle des Ofens bildet man einen Rost aus hochkantig liegenden Steinen, damit die Feuergase durch die so gebildeten Kanäle ziehen können. Auf diesem Rost baut man eine Muffel aus stets wieder verwendbaren Schamotteplatten auf, welche, an allen Seiten mit Nute und Feder versehen, gut ineinander greifen und dann mit Mörtel verstrichen einen luftdichten Abschluß gewähren. Man mauert zuerst den Boden und dann entsprechend der Länge der zu brennenden Steine eine Kopfwand und die beiden Seitenwände auf und bewirft die Fugen des Mauerwerks innen und außen gut mit Mörtel. Den Boden der Muffel belegt man mit einer 10—20 cm hohen gleichmäßigen Schicht von Koksklein, welches vorher auf eine Korngröße von ca. 2 mm gemahlen wurde, und

setzt nun die einzelnen Kohlenstoffsteine so ein, daß sie nach allen Seiten einen Abstand von ca. 5 cm voneinander und von der Wand der Muffel erhalten. Die Zwischenräume werden mit Koksklein fest ausgestampft. Die Kohlenstoffsteine erweichen während des Brennprozesses und müssen deshalb durch das darumgestampfte Koksklein dicht umgeben und in ihrer Form festgehalten werden.

Der Transport der Steine und das Einsetzen in die Muffel müssen mit größter Vorsicht geschehen, besonders ist, wie schon erwähnt, bei größeren Steinen jede Möglichkeit des Durchbiegens der Holzunterlage zu verhindern, weil die Steine dadurch stets brechen. Man läßt sie deshalb am besten auf einer Tragbahre nach dem Ofen tragen und hier vorsichtig von der Unterlage herab auf ihren Platz gleiten. Auch müssen sie in der Muffel stets mit ihrer ganzen Auflagefläche gleichmäßig fest auf der Koksunterlage gelagert werden, weil sonst auch hier Zugspannungen entstehen, die zum Reißen der Steine führen. Steine größeren Formates legt man in der Muffel stets auf ihre schmale Seitenfläche, weil dann die Masse des Steines einen größeren Widerstand gegen das Durchbiegen leistet.

Das in eine Ofenkammer einzusetzende Quantum der Steine richtet sich nach der Größe der Kammer und darf nicht zu groß genommen werden, damit die Muffel nicht zuviel Platz fortnimmt, und das Feuer in dem Rest der Kammer noch genügend Raum findet, um seine volle Kraft zu entfalten. Selbstverständlich müssen die Abzugskanäle der Feuergase stets frei bleiben.

Ist die Muffel mit Kohlenstoffsteinen gefüllt, so mauert man die Vorderwand auf, stampft auch hier Koksklein ein, bildet aus letzterem eine feste Decke über dem Einsatz und deckt das Ganze mit Schamotteplatten ab. Jeder Zutritt von Luft in das Innere der Muffel muß auf das sorgfältigste verhütet werden, weil sonst im Feuer zuerst das Koksklein in Brand gerät und dann auch die Kohlenstoffsteine selbst verbrennen, während sie nur einem Verkokungsprozeß, ähnlich dem des Koksofens, unterworfen werden sollen, bei dem die flüchtigen Bestandteile des Teeres verfliegen, die anderen verkoken und dann mit dem Koks der Steine eine homogene, steinartige, Masse bilden.

Der übrige Raum der Ofenkammer wird in gewöhnlicher Weise mit Schamottesteinen besetzt, und der Einsatz dann wie

gewöhnlich gebrannt. Eine Temperatur bis zum Schmelzen von Seegerkegel 10 genügt zum Garbrennen der Kohlenstoffsteine.

Nach Beendigung des Brandes entfernt man das Mauerwerk der Muffel vorsichtig, soweit es zum Ausfahren der Steine nötig ist, der Rest kann für den Neubau der Muffel stehen bleiben, und läßt dann den Inhalt noch einige Zeit im Ofen abkühlen. Beim Ausfahren dürfen die Steine nicht mehr zu heiß sein und müssen vor Luftzug geschützt werden, weil sie leicht noch im Inneren genügende Wärme enthalten, um sich an der Luft zu entzünden. Auch vermeidet man es deshalb, größere, noch heiße Steine zu dicht zusammen zu lagern.

Die abgekühlten Steine werden durch Abreiben von etwa anhaftendem Koksklein gereinigt und sind dann versandfähig.

Das Koksklein, in welches die Steine in der Muffel eingebettet waren, wird durch ein Sandsieb geworfen und kann dann wieder von neuem benutzt werden.

Kohlenstoffsteine, welche durch Brandrisse unbrauchbar geworden sind, werden zerschlagen, gemahlen und das Mehl wird als Koks zur Anfertigung neuer Steine verwendet.

Ein guter Kohlenstoffstein muß sehr hart sein, eine Druckfestigkeit von ca. 325 kg pro Quadrat-Zentimeter besitzen, im Bruch ein gleichmäßig dichtes, feinkörniges Gefüge ohne Poren zeigen, ein spezifisches Gewicht von 1,2—1,4 haben und beim Anschlagen mit dem Hammer einen hellen Klang geben.

Das früher in weiten Kreisen gegen die Verwendung der Kohlenstoffsteine gehegte Mißtrauen ist heute nicht mehr berechtigt, nachdem es gelungen ist, Steine von jeder gewünschten Form und Größe in obiger Qualität herzustellen. Bei ihrer Verwendung ist aber zu beachten, daß sie z. B. als Bodensteine im Eisenhochofen zuerst mit einer dicken Schicht von feuerfestem Mörtel oder mit dünnen Schamotteplatten bedeckt und so vor der Berührung mit der atmosphärischen Luft oder mit dem zum Anblasen des Ofens eingeführten Winde geschützt werden müssen, weil sie sonst natürlich schnell wegbrennen. Aldendorff-Rheinhausen hat an Stelle der Schamotteplatten zum Schutze der Kohlenstoffsteine Schlackensteine mit Erfolg benutzt, indes genügt es nach seinen Erfahrungen vollständig, wenn man die nach dem Inneren des Ofens gekehrte Seite der Steine mit einem mehrmaligen dichten Anstrich von

Wasserglas überzieht. Während des Betriebes wird zuerst die schützende Schicht von den Steinen abgefressen und nachher bewahrt das Metallbad die Kohlenstoffsteine vor der Berührung mit der atmosphärischen Luft, wonach sie sich dann besser bewähren als jedes andere feuerfeste Material. Man stellt jetzt den ganzen Unterbau der Eisenhochöfen mit bestem Erfolge aus Kohlenstoffsteinen her, und verwendet nur noch für den Schacht Schamottesteine. Gegen das früher vorgekommene Loslösen der Bodensteine, wonach sie auf dem Metallbade schwimmend verbrannten, kann man sich leicht durch keilförmige Anordnung der einzelnen Steine schützen.

Die Fabrikation der Dolomitsteine und -masse.

Eine Mischung aus Dolomit und Teer benutzt man im Thomasstahlwerksbetriebe zur Herstellung des feuerfesten Futters im Konverter, der Böden und zum Formen von Steinen.

Der rohe Dolomit soll etwa folgende Zusammensetzung haben:

Glühverlust	47— 48 %
SiO_2	1—1,5 „
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$ . . .	1— 2 „
CaO	30 „
MgO	20 „

Vor der weiteren Verarbeitung muß der Dolomit durch Brennen von seinem Gehalt an Wasser und Kohlensäure befreit werden. Man zerkleinert ihn durch Steinbrecher in faustgroße Stücke und brennt diese mit Koks in Schachtöfen klinkerhart.

Die Brennöfen sind aus Eisenblechen aufgebaut, 5—7,5 m hoch, und haben einen Durchmesser von 2,5—3 m. Die Ziehöffnungen befinden sich ca. 0,5 m über der Hüttensohle, der Gebläsewind tritt in 2 m Höhe in den Ofen. Der Blechmantel wird bis zu den Düsen mit Quarzschamottesteinen ausgemauert, von dort bis zur Gichtebene erhält er ein Futter aus Dolomitmasse. Die Öfen arbeiten entweder mit natürlichem Zug oder mit Gebläsewind; in beiden Fällen soll der Koksverbrauch 18—20 % vom Gewicht des Rohdolomites nicht übersteigen. Wird der Ofen nur periodisch auf Tagschicht oder mit Unterbrechungen betrieben, so steigt der Koksverbrauch nicht selten bis auf 40 % und das Ausbringen sinkt bedeutend.

Für den gleichmäßigen Gang des Ofens ist es sehr wichtig, gerade in den ersten Tagen nach der Inbetriebnahme Versetzungen zu vermeiden. Man nimmt deshalb anfangs nur kleine Kokssätze und läßt den Ofen in den ersten 24 Stunden nur mit natürlichem Zug arbeiten.

Auf den meisten Werken wird der Dolomit möglichst scharf gebrannt, und schwach gebrannte Stücke werden sorgfältig von der weiteren Verarbeitung ausgeschlossen. Manche Hüttenwerke dagegen schreiben ihre guten Resultate gerade der Verwendung auch des schwächer gebrannten Dolomites zu.

Der Teer muß dieselben Eigenschaften besitzen und wird in derselben Weise vorbereitet wie der zur Fabrikation von Kohlenstoffsteinen (s. dort) benutzte.

Zur Anfertigung der Konverterböden zerkleinert man 3 Teile des scharf gebrannten Dolomites unter einem Koller auf Stücke von Erbsen- bis Walnußgröße und setzt diesem 1 Teil des in einer Mühle staubfein gemahlenen, schwach gebrannten Dolomites zu. Das Ganze wird dann mit 18—20 % Teer unter dem Koller gemischt.

Es ist nicht vorteilhaft, den Dolomit ganz zu Staub zu mahlen, weil er dann zuviel Teer aufnimmt und die aus solcher Mischung hergestellten Böden beim späteren Brennen leicht reißen.

Die Böden werden in eisernen Formen und auf den meisten Hüttenwerken mit Maschinen nach dem Patent VELSEN gestampft. Wo die Fabrikation noch durch Handbetrieb vorgenommen wird, entspricht die Arbeit des Formens genau der in der Fabrikation der Kohlenstoffsteine beschriebenen. Wenn die Böden mit Schamotte- oder Magnesitdüsen verwendet werden, muß die Mischung zwischen den Düsen mit der Hand eingestampft werden. Die Windlöcher der Nadelböden werden während des Formens durch eiserne Nadeln frei gehalten. Nachdem der Boden genügend erhärtet ist, schlägt man die Eisennadeln heraus und ersetzt sie durch hölzerne, welche beim Brennen des Bodens verkohlen. Dort wo die eisernen Nadeln auch während des Brennens in den Böden belassen werden, tritt wegen der größeren Wärmeleitungsfähigkeit des Eisens leicht ein Festbrennen der Nadeln in der Bodenmasse ein. Nach JAKOBS-Joeuf-Homécourt[1]) verhindert man dies am leichtesten, wenn man die Böden vor dem Brennen auf eine 5 cm hohe Schicht von Dolomitpulver legt und sie ebenso bedeckt; die Eisennadeln brennen dann nicht mehr fest und lassen sich leicht aus dem gebrannten Boden herausschlagen.

Für die Herstellung des Konverterfutters verwendet man einen größeren Teil bereits gebrauchter und wieder aufbereiteter

[1]) jetzt in Taganrog, Südrußland.



Masse mit einem Zusatz von frisch gebranntem Dolomit, ungefähr im Verhältnis von 3 : 1, und mit ca. 10 % Teer.

Zur Anfertigung des Dolomitofenfutters kann man ausschließlich bereits benutzte Konverterfuttermasse mit einem Zusatz von 10 % Teer verwenden. Es empfiehlt sich hier eine feinere Mahlung des Dolomites zu benutzen.

Die Dolomitsteine werden in gleicher Weise wie die Böden in eisernen Formen auf einer Eisenplatte eingestampft. Man verwendet dieselbe Dolomitmischung mit einem Teerzusatz von 7—10 %.

Nach der Fertigstellung bedeckt man die Böden und die Steine mit fest auf der Form verschraubten Eisenplatten und verschmiert sämtliche Fugen dicht mit Lehm. Das Futter der Konverter und des Dolomitofens wird über eisernen Schablonen in den Eisenmänteln eingestampft und dann durch Koksfeuer und vorsichtiges Anblasen festgebrannt. Die vorher gebrannten Böden und Steine werden nach Bedarf in den Konverter eingesetzt und mit den Teilen des Mantels durch eine dünnflüssige Mischung aus 1 Teil Dolomit und 1 Teil Teer verbunden. Das Bindemittel fließt durch Hin- und Herkippen des Konverters an seinen Platz und brennt hier bei der hohen Temperatur schnell fest.

Die Dolomitsteine brennt man in einem einfachen Kammerofen mit Rostfeuerung.

Zum Brennen der Böden benutzt man einen Kanalofen mit seitlichen Rostfeuerungen, der eine größere Anzahl von Böden aufnehmen kann. Die letzteren werden auf einem mit hydraulischem Hebewerk versehenen Wagen auf Schienengeleisen in den Ofen gefahren und auf an den Längsseiten desselben gemauerten Wangen von ca. 750 mm Höhe abgesetzt.

Nachdem der Ofen voll besetzt ist, schließt man die Türen, verschmiert sämtliche Fugen mit Lehm und unterhält dann 12 bis 18 Stunden lang ein dunkles Feuer auf den Rosten. Die Böden flammen dabei ab und die Temperatur im Ofen wird nur allmählich so weit gesteigert, daß das Verkoken des Teerrückstandes in den Böden eintritt. Es ist zu beachten, daß die Temperatur während der Abflammperiode nicht zu schnell steigen darf, damit sich die frei werdenden Kohlenwasserstoffe nicht plötzlich entzünden und dadurch Explosionen hervorrufen. Danach brennt man 6—8 Stunden lang mit hellem Feuer, bis die Bodenformen rotglühend geworden sind, worauf

man die Kaminschieber nach und nach herunterläßt und endlich ganz schließt.

Nach Beendigung des Brandes läßt man den Ofen zwei Tage lang abkühlen und fährt die Böden dann aus. Beim Brennen der Steine sind die gleichen Vorsichtsmaßregeln zu beachten.

Böden und Steine werden nun von der Form befreit, abgeputzt, aus ersteren die Eisennadeln oder die Kohlenreste der Holznadeln herausgeschlagen, und sie sind dann gebrauchsfertig.

Pudding-, Glenboig- und Karborundumsteine.

Der Puddingstein ist ein Naturprodukt und besteht aus abgerundeten, nuß- bis faustgroßen Quarzstücken mit kieseligem Bindemittel. Man findet ihn in England und Belgien, und stellt durch Behauen Steine daraus her, welche hier und da noch für den Bodenstein der Eisenhochöfen benutzt werden.

Glenboigsteine sind Schamottesteine englischer Herkunft, denen nachgerühmt wird, daß man sie in rotglühendem Zustande in kaltes Wasser werfen kann, ohne daß sie dabei irgendwelche Veränderung erleiden. Wir sind in der Lage, Steine mit dieser Eigenschaft mit ausschließlicher Verwendung einheimischer Rohmaterialien herzustellen, doch dürfte kaum ein Fall in der Praxis vorkommen, in dem ein feuerfestes Material einer derart gewaltsamen Behandlung ausgesetzt werden muß.

Aus gemahlenem Karborundum hat man mit Benutzung eines anorganischen Bindemittels und unter hohem Druck Steine hergestellt, welche die außerordentliche Druckfestigkeit von 680 kg pro Quadrat-Zentimeter besitzen und sich in den heißesten Stellen des Martinofens als unschmelzbar bewährt haben. Nach Art der Schamottesteine mit größerem Zusatz von Karborundum und metallischen Abfällen hergestellte Steine zeigten die hohe Druckfestigkeit von ca. 400 kg pro Quadrat-Zentimeter.

Resultate über die Verwendung der Karborundumsteine in der metallurgischen Praxis sind noch nicht bekannt geworden. Die hohe Festigkeit der Steine wird in den Öfen, in denen sie benutzt werden können, nicht von ausschlaggebendem Wert sein, und einer ausgedehnteren Verwendung wird vorläufig noch der verhältnismäßig sehr hohe Preis des Rohmateriales im Wege stehen.

Gelegentlich werden noch andere feuerfeste Steine, über deren Zusammensetzung nichts zu erfahren ist, unter besonderen Bezeichnungen und mit der vielversprechenden Ankündigung „das beste

hochfeuerfeste Material" auf den Markt gebracht. Bei der Verschiedenartigkeit der an ein feuerfestes Material in den einzelnen Betrieben gestellten Ansprüche ist es wohl nicht gut möglich, ein bestimmtes Fabrikat ohne weiteres als „das beste hochfeuerfeste" Material zu bezeichnen. Man wird derartigen Anpreisungen immer etwas skeptisch gegenüber stehen dürfen, und der Verbraucher eines feuerfesten Materiales wird immer gut tun, nur ein solches zu benutzen, dessen Bestandteile ihm wenigstens im allgemeinen bekannt sind, wonach er beurteilen kann, ob dasselbe für seine Zwecke geeignet ist, wenn er nicht selbst in der Lage ist, die Lieferung von Steinen in ganz bestimmter Zusammensetzung ihm bekannter Rohmaterialien vorzuschreiben.

Die feuerfesten Mörtel.

Feuerfester Mörtel wird oft unter der falschen Bezeichnung feuerfester „Zement“ oder „Feuerzement“ in den Handel gebracht. Von einem zementartigen Bindemittel erwartet man, daß dasselbe nach bestimmter Zeit an der Luft zu einer festen Masse erhärtet; der feuerfeste Mörtel besitzt diese Eigenschaft nicht. Er hat den Zweck, die Fugen zwischen den Steinen auszufüllen und die hier dem Feuer und den Schlacken gebotenen Angriffsstellen des Mauerwerkes zu schützen. Seine Eigenschaften müssen deshalb ungefähr denen der Steine entsprechen. Weil der Mörtel aber roh verarbeitet werden muß und erst später festbrennen kann, wählt man dazu ein Material, welches einen etwas niedrigeren Schmelzpunkt besitzt, als die Steine selbst, und in der Temperatur des Ofens frittet, ohne dabei zu schwinden oder sich aufzulockern.

Oft wird auf die Qualität des Mörtels viel zu wenig Wert gelegt, während gleichzeitig für die Haltbarkeit der Steine die weitgehendsten Garantieen verlangt werden. Kein Fabrikant feuerfester Steine sollte deshalb eine Garantie für die Haltbarkeit eines aus seinen Steinen hergestellten Mauerwerkes übernehmen, wenn er nicht in die Lage versetzt wird, auch den dazu gehörenden Mörtel in der geeigneten Qualität zu liefern. Auf der anderen Seite wird oft die Unerfahrenheit solcher Leute, wie z. B. der Dampfkesselbesitzer, welche nur einen geringen Bedarf an feuerfesten Materialien haben, in eigenartiger Weise ausgenutzt. Man findet Angebote von „feuerfestem Zement“, „hergestellt aus Kaolin, welcher, in einem“ „trockenen, zum Teil gebrannten und feingemahlenen Zustande als“ „feuerfester Zement zubereitet, mit einem Gehalt von ca. 95 % Kiesel-“ „säure in den Handel gebracht wird“. Roher Kaolin enthält mindestens ca. 20 % Tonerde und 80 % Kieselsäure, Kaoline mit 95 % Kieselsäure gibt es nicht. Derartige „Feuerzemente“ sind entweder sandige Abfallprodukte der Kaolinschlämmereien, oder sie bestehen aus natürlichem Klebsand oder aus reinem Sand mit einem geringen

Zusatz von gemahlenem Ton. Solche Fabrikate werden dann oft zu einem Preise verkauft, zu welchem sich der Käufer leicht das doppelte Quantum in guter Qualität selbst herstellen könnte.

Für viele Zwecke wird ein aus Klebsand oder aus Sand und gemahlenem Ton bestehender, verhältnismäßig billig herzustellender Mörtel vollständig genügen. Meistens wird man aber dazu dieselben Rohmaterialien zusammenstellen, aus denen die damit zu vermauernden Steine bestehen, ihnen aber, um die Plastizität zu vermehren, einen größeren Zusatz von Bindeton geben, und das Ganze möglichst fein mahlen. Durch die feinere Mahlung und Verpackung in Säcke ist leicht ersichtlich, daß ein guter Mörtel für höhere Beanspruchungen nicht viel billiger geliefert werden kann, als die Steine selbst.

Dinassteine vermauert man mit einem Mörtel aus feingemahlenem Quarz und gutem Bindeton.

Zum Vermauern der Quarz- und Quarzschamottesteine benutzt man Klebsand oder eine Mischung von feinem Sand, gemahlenen Steinstücken und Bindeton.

Tonschamottesteine werden mit einem aus feingemahlener Schamotte und Bindeton, event. mit einem Zusatz aus gemahlenen Quarzschamottesteinen, bestehendem Mörtel vermauert.

Magnesitsteine verbindet man durch eine Mischung aus feingemahlenem gebrannten Magnesit mit einem Zusatz von wasserfreiem Teer.

Mörtel für Kohlenstoffsteine besteht aus 2 Teilen Koksstaub und 1 Teil Tonmehl.

Dolomitsteine werden vor dem Einmauern mit Teer bestrichen, die Fugen brennen dann im Feuer dicht.

Zum Verschließen des Stichloches der Schmelzöfen und zur Vornahme schnell nötig gewordener Reparaturen benutzt man eine möglichst wasserarme Mischung von groben Schamotte- und Quarzkörnern mit wenig Bindeton. Vielfach wird diese Masse auch noch mit grobem Koksklein vermischt.

Für manche Zwecke, besonders in der sog. trockenen Hitze empfiehlt sich ein Mörtel aus Schamotte, Ton und Graphit haltigen Abfällen gemischt.

Sämtliche tonhaltige Mörtel werden vor der Verwendung in flachen Kästen ausgebreitet und mit wenig Wasser aufgeschlämmt. Am besten läßt man sie so längere Zeit, oft mehrere Tage lang stehen.

Wenn die Masse dann von dem Wasser gut durchdrungen ist, setzt man von neuem Wasser hinzu und arbeitet das Ganze zu einem dünnen Brei gut durcheinander.

Mörtel mit Teerzusatz müssen möglichst heiß verarbeitet werden.

Die Fugen des feuerfesten Mauerwerks nimmt man möglichst dünn, höchstens 5 mm stark.

Steine mit großen Flächen werden durch vorsichtiges Behauen etwas aufgerauht und so lange aufeinander geschliffen, bis die Lagerflächen ganz eben geworden sind.

Beim Vermauern bedeckt man den liegenden Stein mit einer gleichmäßig verteilten dünnen Mörtelschicht, dann legt man den folgenden Stein darauf, drückt ihn fest an und bringt beide Steine durch vorsichtiges Hin- und Herreiben so dicht wie möglich zusammen, wobei die überschüssige Mörtelmenge an den freien Seiten herausgedrückt und abgestrichen wird. Die äußeren Fugen des Mauerwerkes werden sorgfältig mit Mörtel verstrichen.

Das neu aufgebaute Mauerwerk muß, bevor es in Betrieb genommen wird, durch vorsichtiges Anwärmen stets sehr langsam und allmählich ausgetrocknet werden.

Die Behandlung der feuerfesten Materialien.

Für die Haltbarkeit des feuerfesten Mauerwerkes ist, abgesehen von der richtigen Wahl der Baumaterialien, auch die Behandlung derselben von Wichtigkeit.

Zum Transport auf der Eisenbahn oder im Schiff können Steine von gewöhnlichen, regelmäßigen Formen ohne besondere Verpackung verladen werden. Formsteine oder Fabrikate von empfindlichen Formen, wie Tiegel, Röhren, Muffeln, Retorten etc., müssen sorgfältig und fest in Stroh verpackt und, wenn nötig, durch Lattenverschläge oder Kisten vor Beschädigungen auf dem Transport geschützt werden. Schamottesteine können auf weitere Entfernungen in offenen Wagen versandt werden, andere feuerfeste Steine und den Mörtel verschickt man in gedeckten Wagen oder schützt die ersteren wenigstens durch Waggondecken.

Jede Bahnsendung sollte vor dem Versand oder bei der Ankunft an ihrem Bestimmungsort gewogen werden.

Der Empfänger hat für ein sachgemäßes Ausladen Sorge zu tragen. Steine und Mörtel müssen nach Qualitäten, Formsteine nach den Nummern getrennt an vor der Witterung geschützten Plätzen so aufgestapelt werden, daß die einzelnen Qualitäten und Nummern zu jeder Zeit leicht erreichbar sind.

Es ist allgemein üblich, jeder Sendung ein gewisses Quantum von sog. Plussteinen beizufügen, meistens bis zu 5 %; trotzdem kann durch schlechte Verpackung, unvorsichtiges Rangieren der Eisenbahnwagen oder beim Ausladen ein größerer Teil der Steine derart beschädigt werden, daß sie nachher nicht mehr vermauert werden können. In dem Falle muß dem Lieferanten sofort die Nummer und Stückzahl der beschädigten Steine mitgeteilt werden, damit die Nachlieferung ohne Zeitverlust stattfinden kann.

Es kommt vor, daß das Ausladen der Steine von ungeübten Leuten vorgenommen wird, welche sie wie Mauersteine in Kippwagen werfen und dann auf der Baustelle auskippen. Für die

Folgen einer derartigen Behandlung kann man den Lieferanten nicht gut verantwortlich machen wollen.

Auf großen Hüttenwerken, welche in der Lage sind, für ihre Ofenbauten und Reparaturen ein besonderes, geschultes Personal zu unterhalten und dessen Arbeiten mit der nötigen Ruhe ausführen zu lassen, wird selten eine nicht sachgemäße Behandlung der feuerfesten Materialien vorkommen. Da wird jeder einzelne Stein genau auf den anderen gepaßt, Unebenheiten werden sachgemäß bearbeitet, eine Steinnummer richtig an die andere gefügt und gut vermauert. So entsteht ein vorschriftsmäßig ausgeführtes Bauwerk, dessen spätere Haltbarkeit die Mühe der sorgfältigen Herstellung reichlich bezahlt macht.

Anders spielt sich leicht alles ab, wenn die Ausführung einer größeren Neuanlage einem besonderen Unternehmer übertragen wird, der zwar verpflichtet ist genau und sachgemäß zu arbeiten, daneben aber auch das größte Interesse daran hat seine Arbeiten so schnell als möglich zu beenden. Das Ausladen der Materialien geschieht hier oft mit wenig Sorgfalt, mit dem Sortieren der einzelnen Steinsorten und -nummern wird es nicht so genau genommen, verschiedene Steine von ähnlicher Form werden leicht durcheinandergebracht, die Bauausführung wird an verschiedenen Stellen gleichzeitig in Angriff genommen, und Steine, die an der einen Stelle fehlen, werden leicht von der anderen fortgeholt. Hat der Maurer eine bestimmte Steinsorte nicht gleich bei der Hand, so besinnt er sich nicht lange dafür eine andere, ähnlich geformte, zu nehmen und diese schnell etwas zurechtzuhauen; schließlich fehlen von einer Sorte viele Steine, während von einer anderen ein unerwarteter Überfluß zurückbleibt. Auch kommt es vor, daß eine Steinsorte unter einem großen Haufen einer anderen verstapelt wird; sie ist lange Zeit nirgends zu finden und kommt erst zum Vorschein, nachdem man sich auf andere Weise dafür Ersatz geschafft hat. In solchen Fällen wird der Fabrikant leicht mit Reklamationen wegen falscher Lieferung bestürmt, unnötige Nachlieferungen müssen in größter Eile vorgenommen werden, und die so entstehenden Unannehmlichkeiten nehmen kein Ende.

Die in solchen Fällen beschäftigten Bauarbeiter können gar nicht sorgfältig genug beaufsichtigt werden, indes ist diese Aufsicht keine leichte, weil fremde Arbeiter an sich schon nicht leicht zu behandeln sind, meistens im Akkord arbeiten und neben ihren eigenen

hauptsächlich die Interessen ihres Arbeitgebers im Auge haben, während sie sich den Anordnungen eines dritten, im Interesse des Bauherrn die Aufsicht führenden Beamten nur mit den größten Schwierigkeiten fügen. Hier ist meistens ein rücksichtsloses Vorgehen des Bauherrn dringend nötig.

Ebenso notwendig ist es, ein in der Ausführung begriffenes größeres Bauwerk aus feuerfesten Materialien durch ein leichtes Dach gegen Witterungseinflüsse zu schützen. Der Schaden, den im anderen Falle ein plötzlich eintretender Regenguß durch Auswaschen des frischen Mörtels aus den Fugen verursacht, ist nachher kaum wieder gut zu machen.

Durch Verputzen und Verfugen läßt sich mancher Fehler zudecken, wie es aber bei nicht sorgfältiger Arbeit hinter den Außenseiten und in den Wänden selbst aussieht, läßt sich bei der Abnahme eines fertigen Bauwerkes, welches dann gewöhnlich auch möglichst schnell in Betrieb genommen werden soll, nicht feststellen, und oft hat der Besitzer desselben eine vorher gezeigte falsche Sparsamkeit oder die ungenügende Aufsicht während der Herstellung mit einer nicht genügenden Haltbarkeit oder mit Betriebsstörungen teuer zu bezahlen.

Auch das alte Wort: „Wie der Preis, so die Ware“ wird bei dem feuerfesten Material aus den verschiedentlich angedeuteten Gründen oft nicht genügend berücksichtigt.

Bei der Herstellung der feuerfesten Materialien ist ebenfalls mit manchen Unannehmlichkeiten zu rechnen. Von Anfang bis zu Ende ist der Fabrikant auf seine eigene Sachkenntnis, auf die Ehrlichkeit seiner Lieferanten, auf die Zuverlässigkeit, Sorgfalt und Geschicklichkeit seiner Meister und auf die Handfertigkeit seiner Arbeiter angewiesen, und ein einziger nachlässiger Handformer kann ihm leicht großen Schaden verursachen.

Für regelmäßige und gleichartige Lieferungen ist man stets in der Lage, genügende Vorräte versandbereit auf dem Lager zu halten. Anders ist es, wenn es sich um die Lieferungen für größere Neuanlagen handelt, bei denen oft eine außerordentlich große Menge verschiedener Steinformen gebraucht wird. Hier ziehen sich oft die Dispositionsverhandlungen in die Länge, einzelne Teile werden später abgeändert, dann soll die Ablieferung möglichst schnell hintereinander erfolgen. Später werden für die Anlage gebrauchte Eisenkonstruktionen oder Maschinen nicht rechtzeitig fertig

und die ursprünglichen Dispositionen über die Fertigstellung der ganzen Anlage müssen demgemäß geändert werden, z. B. werden statt eines Hochofens dann erst die Winderhitzer gebaut. Dabei werden ganz andere Qualitäten und Sorten von Steinen, als anfangs bestimmt war, zuerst gebraucht; in der Fabrikation derselben muß vieles abgeändert werden, und daneben sollen andere inzwischen eingegangene Aufträge ebenfalls Erledigung finden. Dies sind oft unangenehme Störungen für den sorgfältig geregelten Betrieb. Kommen dann noch nicht vorherzusehende Schwierigkeiten in der Fabrikation selbst hinzu durch plötzlich nötig gewordene Reparaturen an den Maschinen oder den Öfen oder durch andere Zwischenfälle, wie sie in keinem größeren Betriebe zu vermeiden sind, dann wird es dem Fabrikanten schwer seinen eingegangenen Verpflichtungen in der gewünschten Weise nachzukommen, und er findet dann nicht immer das in seiner Lage nötige Entgegenkommen des Auftraggebers.

Möge dieses Buch zur Förderung einer größeren gegenseitigen Verständigung beider Teile im Interesse der feuerfesten Industrie dienen!

11200 : 15600 Long 160 = 55 [illegible]

×20 wide 70 × 20

22400

Magnesite 2½ lbs. □ 3) 22400

7500 cb. metre

6 days

burned

[illegible] dried in [illegible]

5 lines [illegible]

40000 magnesite [illegible]

160
70
11200
20
22400 cb feet
= 7500 cb metre

7 [illegible] × 15 = 100 100 150

25 = 400 100 140 110

20 = 20 20 100

150 30 10000

10000

Labour

[illegible] daily

